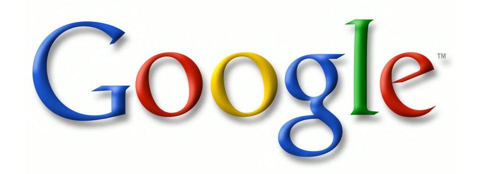






SPIRGATIS,

BERECHNUNG DER FAHRZEITEN.

BERECHNUNG

DER

FAHRZEITEN

AUS DEN

ZUGKRÄFTEN DER DAMPFLOKOMOTIVEN

VON

ERNST SPIRGATIS,
Regierungs- und Baurat

LEIPZIG
VERLAG VON M. SPIRGATIS
1902.

Einleitung.

Wie die Fahrpläne der Personenzüge vor der Verstaatlichung der Privatbahnen aufgestellt wurden und nach welchen Methoden dieses geschah, ersieht man zur Zeit am besten aus dem Referat, welches auf Grund von Berichten auf den Erlass des Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 22. Oktober 1879, der an sämtliche Eisenbahn-Verwaltungen Preussens gerichtet war, dem Minister erstattet worden ist. Dieses interessante Referat, welches den Eisenbahn-Verwaltungen vom Ministerium durch Erlass vom 15. Mai 1880 mitgeteilt worden ist, dürfte nur noch den wenigsten Eisenbahnbeamten bekannt sein und ist dasselbe wegen seines historischen Wertes und weil seine Angaben bei der folgenden Untersuchung vorausgesetzt werden, nachstehend unverkürzt zum Abdruck gelangt.

Referat

über die Berechnung der Fahrzeiten der Eisenbahnzüge.

Durch Erlass vom 22. Oktober 1879 T. 6499 sind sämtliche Eisenbahn-Verwaltungen Preussens zur Berichterstattung darüber aufgefordert worden, welche Grundsätze von ihnen bei Ermittelung der Fahrzeiten zwischen zwei Stationen für die verschiedenen Zugarten befolgt werden, namentlich nach welchen Grundsätzen etwaige Zuschläge für Steigungen, Krümmungen, An- und Abfahren auf den Stationen, Durchfahren von Stationen ohne Aufenthalt, Passieren von Tunneln, grösserer Brücken u. s. w. festgestellt werden.

Unter den 47 Verwaltungen, welche infolgedessen berichtet haben, sind 12 bei denen Zuschläge für Steigungen und Krümmungen überhaupt nicht erforderlich sind, 17 bei denen

diese Zuschläge ohne bestimmten Grundsatz festgestellt wurden. Zur ersteren Kategorie gehören diejenigen Verwaltungen, deren Bahnstrecken besonders günstige Steigungs- und Krümmungsverhältnisse haben, auf deren Strecken nur Züge mit geringer Geschwindigkeit befördert werden oder bei welchen der Betrieb nach der Bahnordnung für deutsche Eisenbahnen untergeordneter Bedeutung geleitet wird. Zur zweiten Kategorie gehören ausser denjenigen Bahnverwaltungen, auf deren Strecken keine schnellfahrenden Züge befördert werden, auch einige Verwaltungen, deren Bahnbezirke ganz oder teilweise innerhalb solcher Linien liegen, welche den durchgehenden Verkehr mit schnellfahrenden Zügen vermitteln, z. B. die Verwaltungen der Rheinischen, Magdeburg-Halberstädter, Breslau-Schweidnitz-Freiburger, Altona-Kieler Eisenbahn.

Die übrigen 18 Bahnverwaltungen lassen sich nach den bei Festsetzung der Zuschläge für Steigungen befolgten Grundsätzen in 6 Gruppen teilen.

Gruppe I.

Die Verwaltung der Nassauischen Eisenbahn berücksichtigt die auf ihren Linien vorkommenden, nicht unerheblichen Steigungen und Krümmungen dadurch, dass sie allgemein bei Konstruktion des Fahrplans der einzelnen Züge entsprechend geringere Geschwindigkeiten zu Grunde legt. Die Schnellzüge werden daher auf der

Taunuslinie mit höchstens 56 km in der Stunde
Rheinlinie „ „ 53 „ „ „ „
Lahnlinie „ „ 55 „ „ „ „

und die Personenzüge auf der Taunuslinie mit 46 km in der Stunde
„ „ Rheinlinie „ 49 „ „ „ „
„ „ Lahnlinie „ 53 „ „ „ „

gefahren.

Gruppe II.

Bei den Verwaltungen der

1) Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn,
2) Ostbahn-Eisenbahn,
3) Berlin-Görlitzer Eisenbahn,
4) Nordhausen-Erfurter Eisenbahn,
5) Rechte-Oder-Ufer-Eisenbahn,
6) Posen-Kreuzburger Eisenbahn,
7) Cotbus-Grossenhainer Eisenbahn

werden Zuschläge in Minuten pro Kilometer der in Steigungen von

mehr als 1 : 300 befindlichen Strecken erteilt. Diese Zuschläge, welche teilweise durch Versuche ermittelt worden sind, betragen bei den verschiedenen Verwaltungen

Verwaltung	Für Schnellzüge mit 75—60 km in der Stunde bei Steigungen			Für Personenzüge 60—45 km in der Stunde bei Steigungen		
	1 : 300—1 : 201	1 : 200—1 : 101	1 : 100 u. mehr	1 : 300—1 : 201	1 : 200—1 : 101	1 : 100 u. mehr
ad 1	1^1	2^1	3^1	2^1	4^1	6^1
2	$0{,}5^1$	$0{,}5^1$	—	$0{,}5^1$	$0{,}5^1$.	—
3	$0{,}2^1$—$0{,}3^1$	$0{,}4^1$—$0{,}7^1$	—	$0{,}2^1$—$0{,}4^1$	$0{,}5^1$—$0{,}9^1$	—
4	—	—	—	$0{,}13^1$	$0{,}13^1$	$0{,}13^1$
5	—	1—2^1	—	—	2^1—4^1	—
6	—	—	—	—	$0{,}5^1$	—
7	—	—	—	$0{,}2^1$	$0{,}3^1$—$0{,}4^1$	—

Gruppe III.

Bei den Verwaltungen der Berlin-Stettiner und der Thüringischen Eisenbahn werden Zuschläge in Minuten pro Meter der zu ersteigenden Höhen berechnet; und zwar bei der Berlin-Stettiner Eisenbahn wachsend mit der abnehmenden Geschwindigkeit $0{,}04^1$ bis $0{,}10^1$ für jedes zu ersteigende Meter ohne Rücksicht auf den Steigungswinkel,

bei der Thüringischen Eisenhahn

für Schnellzüge $0{,}05^1$

für Personenzüge $0{,}07^1$

für jedes zu ersteigende Meter ohne Rücksicht auf den Steigungswinkel.

Gruppe IV.

Die Verwaltung der Frankfurt-Bebraer Eisenbahn berücksichtigt vorkommende Steigungen durch Multiplikation der in der Steigung befindlichen Streckenlängen mit folgenden entsprechenden Koëfficienten:

Steigungs-Verhältnis	Koëfficienten	
	Schnellzüge 75—60 km	Personenzüge 60—45 km
1 : 600—1 : 450	1	1
1 : 449—1 : 350	1,05	1
1 : 349—1 : 275	1,10	1
1 : 274—1 : 225	1,15	1,05
1 : 224—1 : 175	1,20	1,15
1 : 174—1 : 135	1,30	1,30
1 : 134—1 : 110	1,40	1,45
1 : 109—1 : 95	1,50	1,60
1 : 94—1 : 85	1,65	1,70
1 : 84—1 : 75	1,75	1,80

Gruppe V.

Bei den Bahnverwaltungen der

1) Oberschlesischen,
2) Saarbrücker,
3) Hannoverschen,
4) Köln-Mindener,
5) Berlin-Anhalter Eisenbahn

wird die Geschwindigkeit, welche für einen Zug im allgemeinen angenommen ist, für Strecken mit grösserer Steigung als 1 : 300 ermässigt nach Erfahrungssätzen und der daraus sich ergebende grössere Zeitaufwand zu der Fahrzeit als Zuschlag zugerechnet. Für die 4 erstgenannten Verwaltungen sind die Geschwindigkeitsermässigungen in nachstehender Tabelle aufgeführt:

Eisenbahn-Verwaltung	Für Schnellzüge				Für Personenzüge			
	Zu Grunde gelegte Maximal-Geschwindigkeit in St.	Ermässigte Geschwindigkeit in Steigungen			Zu Grunde gelegte Maximal-Geschwindigkeit i. St.	Ermässigte Geschwindigkeit in Steigungen		
		1 : 300 bis 1 : 201	1 : 200 bis 1 : 101	1 : 100 u. mehr		1 : 300 bis 1 : 201	1 : 200 bis 1 : 101	1 : 100 u. mehr
1	—	—	—	—	75-50 km	—	65—40 km	
2	70 km	65	60	55—60	60 km	55	50	45—50
3	75 km	—	70	63—57	60 km	—	57	52—48
4	75 km	—	66		60 km	—	57	

Die Verwaltung der Berlin-Anhalter befolgt zwar ähnliche Grundsätze; ihr Verfahren kann aber nicht direkt mit demjenigen der andern zu dieser Gruppe gezählten Verwaltungen in Vergleich gestellt werden, weil bei ihr die ermässigten Geschwindigkeiten sich nicht nur auf die in stärkeren Steigungen befindlichen Strecken sondern auch auf die schärferen Krümmungen, das An- und Abfahren und das Durchfahren von Stationen ohne Aufenthalt beziehen. Für alle die genannten Umstände wird die sonst zu Grunde gelegte Geschwindigkeit bei den schnellfahrenden Personenzügen von 75 bis 57 km auf 45 km in der Stunde, und bei den langsamer fahrenden Personenzügen von 57 bis 31 km auf 30 km in der Stunde ermässigt.

Die Verwaltung der Saarbrücker Eisenbahn gewährt ausserdem auch für die im Gefälle befindlichen Strecken einen Zuschlag, jedoch für Schnell- und Personenzüge erst bei einem Gefälle von 1 : 90.

Gruppe VI.

Das Verfahren, nach welchem von den Verwaltungen der Bergisch-Märkischen- und Westfälischen-Eisenbahn die Fahrzeiten berechnet werden, weicht insofern von demjenigen aller übrigen Verwaltungen ab, als bei jenen nicht für Steigungs- sondern für Gefällestrecken und Krümmungen Zuschläge zu den sonst ermittelten Fahrzeiten zugerechnet werden. Dieses Verfahren gründet sich auf ein nach dem Vorschlage der Verwaltung der Braunschweigischen Eisenbahn von den Verwaltungen des Norddeutschen Eisenbahn-Verbandes getroffenen Vereinbarung. Diese geht mit Rücksicht auf die Bestimmung in § 26 Abschnitt 3 des Bahnpolizeireglements*) von der Untersuchung aus, auf welche Längen ein Zug in verschiedenen Gefällen durch Bremsen zum Stillstand gebracht werden kann und leitet hieraus das Erfordernis ab, für die im Gefälle liegenden Bahnstrecken einen Zuschlag zu den Fahrzeiten durch Annahme einer geringeren Geschwindigkeit zu gewähren. Die hiernach in den verschiedenen Gefällen als Maximalgeschwindigkeit anzunehmenden Fahrgeschwindigkeiten sollen für die verschiedenen Züge folgende sein:

Gefälle von	Maximal-Geschwindigkeit	
	für Schnellzüge	für Personenzüge
1:200	75 km i. d. St.	60 km i. d. St.
1:150	74 „ „ „ „	58 „ „ „ „
1:100	71 „ „ „ „	55 „ „ „ „
1: 80	69 „ „ „ „	53 „ „ „ „
1: 60	65 „ „ „ „	48 „ „ „ „
1: 50	62 „ „ „ „	45 „ „ „ „
1: 40	58 „ „ „ „	40 „ „ „ „

Auf die Krümmungen ist bei 36 Verwaltungen gar keine Rücksicht genommen; die Verwaltung der Nassauischen- und der Berlin-Anhalter-Eisenbahn haben, wie bereits erwähnt, bei Annahme der im allgemeinen auf ihren Bahnstrecken anzuwendenden ermässigten Geschwindigkeiten auch die vorkommenden Krümmungen in Betracht gezogen, und die meisten übrigen Verwaltungen haben die Krümmungen von weniger als 1000 m Halbmesser in Betreff der dafür anzusetzenden Zuschläge gleich entsprechenden Steigungs-

*) Auf Bahnstrecken, welche stärkere Neigungen als 1 : 200 und Krümmungen von weniger als 1000 m Halbmesser haben, müssen die Geschwindigkeiten angemessen verringert werden.

verhältnissen behandelt. Beispielsweise geben die Verwaltungen der Rechte-Oder-Ufer-Eisenbahn und die Köln-Mindener-Eisenbahn für Krümmungen von weniger als 1000 m Halbmesser denselben Zuschlag wie für Steigungen von 1 : 200, die Saarbrücker Eisenbahn einen solchen wie für Steigungen von mehr als 1 : 300 und bei der Hannöverschen werden die Zuschläge für Krümmungen von weniger als 1000 m und bis zu 800 m Halbmesser wie für Steigungen von 1 : 200 bis 1 : 100; für Krümmungen von weniger als 800 m Halbmesser wie für Steigungen von 1 : 100 und mehr angesetzt. Die Bergisch-Märkische- und Westfälische Eisenbahn setzen wie für die verschiedenen Gefälle auch für die verschiedenen Krümmungen bestimmte Maximalgeschwindigkeiten fest und zwar folgende:

Krümmungs-Halbmesser	Maximal-Geschwindigkeit	
	für Schnellzüge	für Personenzüge
1000	75 km	60 km
900	72 „	59,5 „
800	69 „	59 „
700	66 „	58 „
600	62 „	56 „
500	57 „	53 „
400	52 „	49 „
300	45 „	45 „

Um die bei Verwaltungen der 6 bezeichneten Gruppen angewendeten Verfahren bei Berechnung der Zuschläge zu den Fahrzeiten für Steigungen und Krümmungen mit einander zu vergleichen, ist beispielsweise je für eine und dieselbe Bahnstrecke die Fahrzeit eines Schnellzuges (mit einer Geschwindigkeit von 70 km i. d. Stunde) und diejenige eines Personenzuges (mit 60 km Grundgeschwindigkeit) nach den verschiedenen Berechnungsarten von 12 der genannten Bahnverwaltungen ermittelt worden.

Für die Berechnung der Fahrzeit eines Schnellzuges ist die Eisenbahnstrecke zwischen St. Wendel und Birkenfeld der Rhein-Nahe-Bahn mit Durchfahren der Station Türkismühle gewählt worden. Die Strecke ist 20,73 km lang, wovon in der Richtung nach Birkenfeld 10,8 km in Steigungen von 1 : 100 bis 1 : 200 und 6,1 km in Gefällen von 1 : 100 bis 1 : 240 liegen und bei 107 m hinauf und 48 m hinabzusteigen sind. Die Halbmesser der vorkommenden Krümmungen wechseln zwischen 450—1125 m. Für die Berechnung der Fahrzeit eines Personenzuges ist die Eisenbahn-

strecke zwischen Habelschwerdt und Ebersdorf der Linie Breslau-Mittenwalde der Oberschlesischen Eisenbahn gewählt worden, und zwar in beiden Richtungen; diese Strecke ist 8,7 km lang, wovon in der Richtung von Habelschwerdt nach Ebersdorf 6,7 km in Steigungen von 1 : 100 bis 1 : 360 liegen und wobei 50,73^{m} zu ersteigen sind; die Halbmesser der vorkommenden Krümmungen wechseln zwischen 400^{m} und 1500^{m}. Die Resultate der verschiedenen Berechnungen sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

Berechnung nach dem Verfahren der Verwaltung der	Schnellzug von St. Wendel nach Birkenfeld		Personenzug von Habelschwerdt nach Ebersdorf		Personenzug von Ebersdorf nach Habelschwerdt	
	Fahrzeit ohne Zuschlag für An- und Abfahrt	Fahrzeit mit Zuschlag für An- und Abfahrt	Fahrzeit ohne Zuschlag für An- und Abfahrt	Fahrzeit mit Zuschlag für An- und Abfahrt	Fahrzeit ohne Zuschlag für An- und Abfahrt	Fahrzeit mit Zuschlag für An- und Abfahrt
Niederschl.-Märk.	21,774	24	12,13	14	8,93	10
Ostbahn . . .	23.154	26	11.38	13	8,93	11
Berlin-Görlitz . .	24,254	27	12,36	14	8,93	11
Berlin-Stettin . .	23,174	26	12,00	14	8,93	11
Thüringische . .	23,074	25	11,47	13	8,93	10
Frankfurt-Bebra .	22,225	25	11,45	13	8,93	11
Oberschlesische .	19,227	22	9,91	12	8,93	11
Saarbrücker . .	23.398	26	11,52	13	9.20	11
Hannover . . .	19,766	23	9,87	12	9.48	11
Köln-Minden . .	18,226	23	9,46	12	9,07	12
Berlin-Anhalt . .	—	23	—	11	—	10
Berg.-Mark . .	22,686	25	10,19	12	10,64	13
Durchschnittlich .	21,914	24,6	11,05	12,8	9,17	11
Abgerundet . .	22[1]	25[1]	11[1]	13[1]	9,[1]	11[1]

Um bei Entscheidung in Fahrplanangelegenheiten, insbesondere bei Herstellung über mehrere Bahnbezirke reichenden, durchgehenden Zugverbindungen, Erreichung eines Anschlusses etc. übersehen zu können, welche Fahrgeschwindigkeiten seitens der Bahnverwaltungen in Anwendung gebracht worden sind und welcher derselben eventuell eine Verkürzung der angegebenen Fahrzeiten aufgegeben werden kann, ist es von besonderm Wert, dass die Berechnung der Fahrzeiten bei allen Verwaltungen nach denselben Grundsätzen erfolgt. Mit Ausnahme weniger Verwaltungen werden die Fahrzeiten überall dadurch ermittelt, dass zunächst eine gewisse Geschwindigkeit zu Grunde gelegt und zu der hiernach berechneten Fahrzeit demnächst Zuschläge für Steigungen, Krümmungen, An- und Abfahren hinzugefügt werden. Die zu Grunde gelegte Geschwindigkeit wird von verschiedenen Verwaltungen als Normalgeschwindigkeit, reine Geschwindigkeit, Maximalgeschwindigkeit und dergleichen bezeichnet. Es dürfte sich empfehlen, für diese Ge-

schwindigkeit die Bezeichnung Grundgeschwindigkeit allgemein anzunehmen. Für Berechnung der Zuschläge für Steigungen und Krümmungen empfiehlt sich allgemeine Anwendung des Verfahrens der Frankfurt-Bebraer Eisenbahn-Verwaltung, da dieselbe nach vorstehender Tabelle dem Durchschnittsergebnis aus den übrigen in Betracht zu ziehenden Berechnungen am meisten entspricht und seine Anwendung bei anderen Verwaltungen, welche nach ihrem bisherigen Verfahren für eine Strecke geringere oder grössere Fahrzeiten berechnet haben, als sie bei derselben Grundgeschwindigkeit nach dem Verfahren der Frankfurt-Bebraer Verwaltung erhalten würden, brauchen bei Anwendung dieses Verfahrens die bisher für angemessen erachteten Fahrzeiten deswegen nicht zu ändern, sondern nur eine entsprechend modifizierte Grundgeschwindigkeit einzufügen.

Die von der Frankfurt-Bebraer Eisenbahn-Verwaltung bei Berechnung der Fahrzeiten ferner angenommenen Zuschläge für das An- und Abfahren (2 Minuten pro Station) und für das Durchfahren einer Station ohne Aufenthalt (1 Minute) entsprechen ebenfalls dem bei den meisten Verwaltungen üblichen Verfahren. Von den 47 berichtenden Verwaltungen geben nämlich für das An- und Abfahren eines Schnell- oder Personenzuges

7	Verwaltungen	1—2	Minuten	Zuschlag	pro	Station
21	"	2	"	"	"	"
1	"	1—3	"	"	"	"
7	"	2—3	"	"	"	"
1	"	3	"	"	"	"
2	"	3—4	"	"	"	"

und für das Durchfahren ohne Aufenthalt fast ausnahmslos alle Verwaltungen vorkommenden Falles 1 Minute Zuschlag.

Nachstehend wird das von der Verwaltung der Frankfurt-Bebraer Eisenbahn angewendete Verfahren bei Berechnung der Steigungs- und Krümmungs-Zuschläge für Personen- und Schnellzüge in spezieller Darlegung und Entwickelung mitgeteilt.

Zur Bestimmung der günstigsten Geschwindigkeiten und Achsstärken der Personen- und Schnellzüge ist die Clarksche Formel (confr. Heusinger, Lokomontivbau, 3. Band, pag. 172) benutzt.

Hiernach ist

W der Widerstand des Zuges inkl. Lokomotive und Tender in Tonnen.

$$W = \left(2{,}25 + \frac{(v \cdot 0{,}278)^2}{80} + 1000 \cdot i\right) \cdot \text{(Gewicht des Zuges in Tonnen)}$$

worin

v die Geschwindigkeit in km in der Stunde
i das Steigungsverhältnis der Bahn ist.

Nimmt man das Gewicht des Zuges = 199 Tonnen $(\underbrace{30 . 5}_{\text{Last-achsen}} + \underbrace{49}_{\text{Lok. und Tender}})$ so ist

$$W = (2{,}25 + \frac{(v . 0{,}278)^2}{80} + 1000 . i)\ 199$$

Die Zugkraft Z der Lokomotive ist $= \frac{N . 75}{0{,}278 . v}$; wo N die Kraft der Maschine in Pferdekräften bedeutet.

$N = 340$ angenommen, was der Leistungsfähigkeit der Maschinen der Frankfurt-Bebraer Bahn entspricht, ist

$$Z = \frac{340 . 75}{0{,}278 . v} = \frac{91726}{v}.$$

Setzt man diese beiden Werte (Z und W ist gemeint) gleich, so erhält man

$$(2{,}25 + \frac{(v . 0{,}278)^2}{80} + 1000 . i)\ 199 = \frac{91726}{v}$$

oder

$$199 = \frac{91726}{(2{,}25 + 0{,}000996 . v^2 + 1000 . i)\, v}.$$

Aus dieser Formel ergiebt sich nun, dass auf der Horizontalen, den Steigungen $\frac{1}{525}$ und $\frac{1}{400}$, die Geschwindigkeit grösser als 55 km sein kann und dass erst auf der Steigung $\frac{1}{315}$ die Geschwindigkeit der Leistungsfähigkeit der Lokomotive entspricht.

1) In Steig. $\frac{1}{315}$ ist $\frac{91726}{(2{,}25 + 0{,}000996 . v^2 + 3{,}17)\, v} = 199 \ldots v = 55$ km

2) „ „ $\frac{1}{250}$ ist $\frac{91726}{(2{,}25 + 0{,}000996 . v^2 + 4{,}0)\, v} = 199 \ldots v = 52$ „

3) „ „ $\frac{1}{200}$ ist $\frac{91726}{(2{,}25 + 0{,}000996 . v^2 + 5{,}0)\, v} = 199 \ldots v = 48{,}5$ „

4) „ „ $\frac{1}{150}$ ist $\frac{91726}{(2{,}25 + 0{,}000996 . v^2 + 6{,}67)\, v} = 199 \ldots v = 43$ „

5) „ „ $\frac{1}{100}$ ist $\frac{91726}{(2{,}25 + 0{,}000996 . v^2 + 10{,}0)\, v} = 199 \ldots v = 34{,}5$ „

6) „ „ $\frac{1}{90}$ ist $\frac{91726}{(2,25+0,000996 \cdot v^2+11,11)v} = 199 \ldots v = 32$ „

7) „ „ $\frac{1}{80}$ ist $\frac{91726}{(2,25+0,000996 \cdot v^2+12,5)v} = 199 \ldots v = 29,6$ „

Aus den verschiedenen v erhält man die Koefficienten zur Umsetzung der wirklichen Längen der Strecken in die virtuellen Längen für Personenzüge bei 55 km Geschwindigkeit.

1) $1:\infty - \frac{1}{315}$; $v = 55$ km ... $\gamma = \frac{55}{55} = 1$

2) $\frac{1}{250}$; $v = 52$ „ ... $\gamma = \frac{55}{52}$ = rot 1,05

3) $\frac{1}{200}$; $v = 48,5$ „ ... $\gamma = \frac{55}{48,5} = 1,13$ = rot 1,15

4) $\frac{1}{150}$; $v = 43$ „ ... $\gamma = \frac{55}{43}$ = rot 1,30

5) $\frac{1}{100}$; $v = 34,5$ „ ... $\gamma = \frac{55}{34,5} = 1,60$

6) $\frac{1}{90}$; $v = 32$ „ ... $\gamma = \frac{55}{32} = 1,70$

7) $\frac{1}{80}$; $v = 29,6$ „ ... $\gamma = \frac{55}{29,6} = 1,80$.

Für Schnellzüge ist angenommen, dass auf der horizontalen Strecke bis zu einer Steigung von $\frac{1}{525}$ $v = 70$ km pro Stunde (Grundgeschwindigkeit) sein soll.

Das Gewicht des Zuges = 159 Tonnen = 110 + 49 = 22 Lastachsen à 5 Tonnen + 49 Tonnen für Lokomotive und Tender.

Es ist nun wie vor

$$W = \left(2,25 + \frac{(0,278 \cdot v)^2}{80} + 1000 \cdot i\right) 159$$

$$Z = \frac{360 \cdot 75}{0,278 \cdot v} = \frac{97122}{v}$$

$$v = \frac{97122}{(2,25 + 0,000996 \cdot v^2 + 1000\, i) \cdot 159}.$$

$i = \frac{1}{525} \ldots v = 70$ km ... $\gamma = 1$

$i = \frac{1}{400} \ldots v = 67,2$ „ ... $\gamma = \frac{70}{67,2} = 1,04$ besser 1,05

$$i = \frac{1}{315} \ldots v = 65 \text{ km} \ldots \gamma = \frac{70}{65} = 1{,}10$$

$$i = \frac{1}{250} \ldots v = 61{,}7 \text{ „} \ldots \gamma = \frac{70}{61{,}7} = 1{,}134 \text{ dafür } 1{,}15$$

$$i = \frac{1}{200} \ldots v = 58{,}1 \text{ „} \ldots \gamma = \frac{70}{58{,}1} = 1{,}2$$

Von hier ab mit 20 Lastachsen à 5 Tonnen.

$$i = \frac{1}{150} \ldots v = 55 \text{ km} \ldots \gamma = \frac{70}{55} = 1{,}3$$

$$i = \frac{1}{100} \ldots v = 45{,}7 \text{ „} \ldots \gamma = \frac{70}{45{,}7} = 1{,}5$$

$$i = \frac{1}{80} \ldots v = 39{,}8 \text{ „} \ldots \gamma = \frac{70}{39{,}8} = 1{,}75$$

Unterm 15. Mai 1880 verfügt der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten wie folgt:

Mit Bezugnahme auf anliegendes Referat über die in Folge des Erlasses vom 22. Oktober vorigen Jahres II/IV T 6499 hier eingegangenen Berichte, betreffend die Fahrzeiten der Eisenbahnzüge, bestimme ich folgendes:

1. Die Fahrzeiten sind dadurch zu berechnen, dass eine bestimmte Fahrgeschwindigkeit zu Grunde gelegt wird, welche als Grundgeschwindigkeit zu bezeichnen ist und dass zu der hiernach ermittelten Fahrzeit zwischen 2 Stationen Zuschläge für Steigungen, Krümmungen, das An- und Abfahren auf den Stationen, das Durchfahren von Stationen ohne Aufenthalt, das Passieren von Tunneln, grossen Brücken u. s. w. hinzugerechnet werden.

2. Die Berechnung der Zuschläge für Steigungen und Krümmungen ist durch Einführung einer virtuellen Länge nach Massgabe des von der Verwaltung der Bebra-Frankfurter Eisenbahn angewendeten im anliegenden Referat mitgeteilten Verfahrens zu bewirken.

3. Bei den Personen- und Schnellzügen sind in der Regel für das An- und Abfahren auf einer Station 2 Minuten, für das Durchfahren einer Station ohne Aufenthalt sofern die Lage der Gleise, Weichen u. s. w. eine Verminderung erforderlich macht, 1 Minute Zuschlag in Anrechnung zu bringen. Für gemischte und Güterzüge kann der Zuschlag für das An- und Abfahren auf 3 Minuten pro Stunde erhöht werden . . .

§ 1.

Bald nach dem 15. Mai 1880 erhielten die Eisenbahndirektionen den Auftrag, die nach dem Verfahren der Eisenbahndirektion Frankfurt-Bebra ermittelten virtuellen Längen ihrer Eisenbahnstrecken, sowohl für Personen-, als auch für Schnellzüge, dem Ministerium einzureichen.

Hierdurch wurde einerseits eine sehr wohlthuende Einheitlichkeit in der Ermittelung der Fahrzeiten erreicht; anderseits wurde die Prüfung der Anträge auf Abänderung von Fahrplänen und Einführung neuer Zugverbindung an massgebender Stelle ungemein erleichtert, ja es wurde erst dadurch möglich, Zugverbindungen, die mehrere Direktionsbezirke betrafen mit Sicherheit bezüglich der Wahl der Geschwindigkeit, der Anzahl und der Dauer der Aufenthalte und namentlich der Anschlüsse an andere Zugverbindungen leicht und richtig beurteilen, und etwaige widerstrebende Verwaltungen auf die Möglichkeit beabsichtigter Verbindungen mit Erfolg hinweisen zu können.

Die plötzliche Einführung des Frankfurt-Bebraer Verfahren für die Berechnung der Fahrzeiten stiess zwar nicht auf Schwierigkeiten bezüglich der Einführung, jedoch stellten sich von vornherein bei der Durchführung in der Praxis Unbequemlichkeiten heraus, die in der Uneinheitlichkeit der zur Verfügung stehenden Lokomotiven und Personenwagen begründet waren.

Da wo die Geschwindigkeiten der Züge infolge der neuen Berechnungsweise grösser wurden, musste die Belastung der Leistungsfähigkeit der Lokomotiven entsprechend verringert werden und dort, wo die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven eine grössere Geschwindigkeit, bei gleicher Last zugelassen hätte, musste aufzunehmender Anschlüsse wegen eine geringere Geschwindigkeit zur Anwendung kommen.

Wenn auch das nach dem Verfahren von Frankfurt-Bebra in Rechnung gestellte Gewicht einer Personenzugachse mit 5 Tonnen ungefähr dem Mittel einer Achse der damals gebräuchlichen Personenzugwagen entsprochen haben wird, so war die in dem Verfahren gewählte durchschnittliche Leistung der Schnellzug- und Personenzuglokomotive doch sicherlich kein Durchschnitt, der damals in Deutschland existierenden Lokomotivgattungen.

Kurz und gut, die Einführung der Berechnungsweise der Fahrzeiten nach dem Frankfurt-Bebraer Verfahren, geschah zunächst auf dem Papier. Die Fahrzeiten wurden berechnet und festgesetzt;

die Verwaltungen hatten sich mit der Durchführung des Fahrplans abzufinden.

Es blieb also schon damals nichts anderes übrig, als zu einer gegebenen, d. h. vorher festgestellten Fahrzeit, für jede Lokomotivgattung die zugehörige Bruttobelastung zu ermitteln, ein Verfahren, das heute noch ausgeübt wird.

Die durch das Frankfurt-Bebraer Verfahren mit seinen scheinbar rein wissenschaftlich ermittelten Koëfficienten für die Berechnungen der sogenannten virtuellen Längen gelten zwar heute noch bei den preussischen Staatsbahnen, jedoch ist die Herkunft und ihre nur innerhalb gewisser Grenzen bedingte Gültigkeit fast vollständig in Vergessenheit geraten.

Diese Koëfficienten, die um einige vermehrt wurden, wobei die Auswahl als nicht glücklich bezeichnet werden muss, sind auch noch heute in Anwendung, jedoch mit der Verallgemeinerung, dass sie heute bedingungslos für jede Lokomotivgattung — sogar für Güterzüge mit Güterzuglokomotiven — und für jede Grundgeschwindigkeit gelten, sind mithin keiner Fortentwickelung fähig, weil sie als unantastbar angesehen wurden.

Die mit diesen neu bewerteten Koëfficienten berechneten Längen sind hierdurch erst dadurch das geworden, womit sie früher euphemistisch bezeichnet wurden, nämlich „virtuelle Längen", d. h. Längen, die zur Berechnung von Fahrzeiten für jede Grundgeschwindigkeit und für jede Lokomotivgattung verwendet werden dürfen.

Durch die Einführung dieser allgemein gültigen virtuellen Längen ist aber von vornherein die Fahrzeit für jede Strecke bei ausgewählter Grundgeschwindigkeit vorgeschrieben und man kann selbst durch Verwendung leistungsfähigerer Lokomotiven bei der nämlichen Grundgeschwindigkeit weiter nichts als eine vielleicht garnicht angestrebte Vergrösserung der zu befördernden Last erreichen.

Diese Eigenschaft der virtuellen Längen ist ein grosser Fehler, der sich immer fühlbarer macht, dessen Beseitigung deshalb von besonderer Wichtigkeit ist.

§ 2.

In gewissen Zeiträumen — wenn ich nicht irre, bei jedem Fahrplanwechsel — werden den Betriebsinspektionen von den Direktionen Zusammenstellungen der virtuellen Längen sämtlicher

Strecken des betreffenden Direktionsbezirks zum dienstlichen Gebrauch zugesandt. Dieser Zusammenstellung ist eine Tabelle der Koëfficienten für die Ermittelung der virtuellen Längen für Schnell-, Personen- und Güterzüge vorgedruckt.

Diese Tabelle der Koëfficienten ist nachstehend wiedergegeben:

1 Neigungsverhältnisse	2 Koëfficienten für Schnellzüge	3 Personen- und Güterzüge	4 Bemerkungen
1:600 . . . 1:450	1,0	1,0	
1:449 . . . 1:350	1,05	1,0	
1:349 . . . 1:275	1,10	1,0	
1:274 . . . 1:225	1,15	1,05	
1:224 . . . 1:175	1,20	1,15	
1:174 . . . 1:135	1,30	1,30	
1:134 . . . 1:110	1,40	1,45	
1:109 . . . 1: 95	1,50	1,60	
1: 94 . . . 1: 85	1,65	1,70	
1: 84 . . . 1: 75	1,75	1.80	
1: 74 . . . 1: 65	1,90	2,05	
1: 64 . . . 1: 55	2,14	2,30	

Die Koefficienten in den Spalten 2 und 3 sind zum grössten Teil aus dem Frankfurt-Bebraer Verfahren entlehnt; die andern sind wahrscheinlich aus der Clarkschen Formel berechnet.

Die in der Spalte 1 aufgeführten Neigungsverhältnisse sind aus dem im Frankfurt-Bebraer Verfahren mitgeteilten Ergebnissen zusammengestellt. (Vergl. Seite 3.)

Die nach der Clarkschen Formel im Frankfurt-Bebraer Verfahren ermittelten Koëfficienten sind für bestimmte, vorher ausgewählte Neigungen berechnet; in der vorstehenden Tabelle sind diese Neigungen, auch ohne dass es besonders kenntlich gemacht ist, stillschweigend als Durchschnittsneigungen beibehalten — z. B. 1 : 274 bis 1 : 225 hat als Durchschnittswert 1 : 250 des Frankfurt-Bebraer Verfahrens (vergl. Seite 10) — während die Koëfficienten des Frankfurt-Bebraer Verfahrens unverändert für die Neigungsskala beibehalten sind.

Die analoge Tabelle nach dem Verfahren Frankfurt-Bebra (vergleiche Seite 10 u. 11) für Schnell- und Personenzüge — Güterzüge sind im Verfahren Frankfurt-Bebra überhaupt nicht berücksichtigt — würde wie folgt zu lauten haben:

Neigungsverhältnisse	Koëfficienten für	
	Schnellzüge	Personenzüge
1:∞ ... 1:525	1,0	1,0
1:524 ... 1:400	1,05	1,0
1:399 ... 1:315	1,10	1,0
1:314 ... 1:250	1,15	1,05
1:249 ... 1:200	1,20	1,15
1:199 ... 1:150	1,30	1,30
1:149 ... 1:100	1,50	1,60
1: 99 ... 1: 90	1,75	1,70
1: 89 ... 1: 80		1,80

Diese Tabelle ist eigentlich nie zur Geltung gekommen, auch nicht im Anfang der Ausführung des Frankfurt-Bebraer Verfahrens. Der Grund ist naheliegend; die Verwendung der rechnerisch ermittelten Grenzwerte als Mittelwerte oder Durchschnittswerte hat den Vorteil, kleinere virtuelle Längen und daher kleinere Fahrzeiten erzielen zu können.

Dieser Vorteil war allerdings gering, aber auch dieser wurde nicht verschmäht; auch glaubte man hierdurch vielleicht die etwas weitmaschige und ungleichförmige Abstufung der Neigungsverhältnisse zu mildern.

Die Abstufung der Neigungsverhältnisse ist in der That etwas eigentümlich — um nicht zu sagen willkürlich und nur für das Auge berechnet — gewählt worden.

Die Differenzen zweier auf einander folgender Intervalle sind nie dieselben und anscheinend ohne jede Absichtlichkeit bald grösser, bald kleiner, je nachdem.

Diese Regellosigkeit in der Wahl der Abstufung der Neigungsverhältnisse lässt sich aus der Bruchform 1 : x, in der dieselben ausgedrückt sind, nicht so augenfällig entnehmen; stellt man die Neigungsverhältnisse jedoch als Höhen in Millimetern bezogen auf 1 m = 1000 mm als Basis dar, so wird die Regellosigkeit in der Wahl ganz deutlich. In der nachstehenden Tabelle sind die in [ ] gesetzten Werte die aus der Clarkschen Formel ermittelten, hier aber als Durchschnittswerte aufgeführten Werte. Die Differenzreihen weichen zwar von einander ab, beide lassen aber die Willkür deutlich erkennen. (Tabelle S. 16.)

Und doch wäre eine rationelle Abstufung der Neigungsverhältnisse so einfach gewesen; man brauchte nur mit 1 : ∞ = 0 zu beginnen und als konstante Differenz 1 mm zu wählen.

Neigungsverhältnisse in Millimetern	Differenz der Neigungen in m/m	Differenz der Durchschnittswerte in [m/m]	Bemerkungen
0 mm . . . [1,666 mm] . . . 1,666 mm	0,556 mm	0,238 mm	*) Diese Neigungen fehlen in dem ursprünglichen Verfahren.
1,665 mm . . . [1,904 mm] . . . 2,222 mm	0,635 mm	0,596 mm	
2,221 mm . . . [2,500 mm] . . . 2,857 mm	0,779 mm	0,674 mm	
2,856 mm . . . [3,174 mm] . . . 3,636 mm	0,808 mm	0,826 mm	
3,635 mm . . . [4,000 mm] . . . 4,444 mm	1,270 mm	1,000 mm	
4,443 mm . . . [5,000 mm] . . . 5,714 mm	1,693 mm	1,666 mm	
5,713 mm . . . [6,666 mm] . . . 7,407 mm	3,119 mm	3,334 mm	
7,406 mm . . . [*] . . . 9,091 mm			
9,090 mm . . . [10,000 mm] . . . 10,526 mm	1,238 mm	1,111 mm	
10,525 mm . . . [11,111 mm] . . . 11,764 mm	1,569 mm	1,389 mm	
11,763 mm . . . [12,500 mm] . . . 13,333 mm			
13,332 mm . . . [*] . . . 15,384 mm			
15,383 mm . . . [*] . . . 18,182 mm			

Man erhielt alsdann 0 mm . . . 1 : ∞
1 mm . . . 1 : 1000
2 mm . . . 1 : 500
3 mm . . . 1 : 333,33
4 mm . . . 1 : 250
5 mm . . . 1 : 200
u. s. w.

§ 3.

Die am Anfange des § 2 mitgeteilte Tabelle der Koëfficienten zur Ermittelung der virtuellen Länge hat eine Eigentümlichkeit, die nicht sofort in die Augen fällt. Diese Eigentümlichkeit ist die, dass bis zum Neigungsverhältnis 1 : 150 — oder, wie es nach der Tabelle heissen muss, bei der Neigungsgruppe 1 : 174 . . . 1 : 135 — die Koëfficienten für die Ermittelung der virtuellen Längen für die Schnellzüge grösser sind, als die Koëfficienten für die Ermittelung der virtuellen Länge für die Personenzüge; d. h. auf Strecken bei denen noch Steigungen bis 1 : 150 vorkommen, sind die Fahrzeiten für Schnellzüge grösser als die Fahrzeiten der Personenzüge. Hieraus hat sich das Dogma entwickelt, dass eigentliche, d. h. geborne Schnellzugslinien keine grösseren Steigungen aufweisen dürfen, als 1 : 525 [1 : 600 . . . 1 : 450]. Man behilft sich auf den andern Strecken, die grössere Neigungen aufweisen, mit „schnellfahrenden Personenzügen", deren Fahrzeiten mit den Koëfficienten für Personenzüge berechnet werden.

Dieses Dogma oder dieser Fundamentalsatz ist aber glücklicherweise nicht richtig. Diese Unrichtigkeit ist nur dadurch ent-

standen, dass die Voraussetzungen für die Entstehung der Koëfficienten in Vergessenheit geraten sind.

Soll die Fahrzeit F in Minuten für eine Strecke von L Kilometer Länge. die mit einer wirklichen Geschwindigkeit von v Kilometer in der Stunde d. i. 60^1 befahren wird, ermittelt werden, so findet man dieselbe aus folgender Beziehung

$$v : 60^1 = L : F$$

$$1) \qquad F = \frac{L \,.\, 60}{v}$$

Der Gradiente zwischen zwei auf einander folgenden Stationspunkten A und B besteht nun aber meistens aus mehreren Strecken $L_1 \ldots L_2 \ldots L_3 \ldots$ u. s. w., die unter gleichen Bedingungen je nach ihrer Neigung mit den wirklichen Geschwindigkeiten $v_1 \ldots v_2 \ldots v_3 \ldots$ u. s. w. Kilometer in 60^1 befahren werden; die Fahrzeit für diese Strecke $A\,B$ findet man alsdann genau wie vorher, nämlich aus:

$$2) \quad F^1 = \frac{L_1 . 60}{v_1} + \frac{L_2 . 60}{v_2} + \frac{L_3 . 60}{v_3} \ldots$$

Für jeden Eisenbahnzug wird eine grösste zulässige Geschwindigkeit auf der Wagerechten festgesetzt, die den Namen Grundgeschwindigkeit erhalten hat.

Wird diese Grundgeschwindigkeit mit G bezeichnet und erweitert man Formel 2 mit $\frac{G}{G}$ auf der rechten Seite, so erhält man

$$F^1 = \frac{L_1 \,.\, 60}{v_1} \cdot \frac{G}{G} + \frac{L_2 \,.\, 60}{v_2} \cdot \frac{G}{G} + \frac{L_3 \,.\, 60}{v_3} \cdot \frac{G}{G} \ldots$$

oder

$$3) \quad F^1 = L_1 \cdot \frac{G}{v_1} \cdot \frac{60}{G} + L_2 \cdot \frac{G}{v_2} \cdot \frac{60}{G} + L_3 \cdot \frac{G}{v_3} \cdot \frac{60}{g} \ldots$$

oder endlich

$$F^1 = \frac{60}{G} \cdot \left[L_1 \cdot \frac{G}{v_1} + L_2 \cdot \frac{G}{v_2} + L_3 \cdot \frac{G}{v_3} \ldots \right]$$

Die Quotienten $\frac{G}{v_1} \ldots \frac{G}{v_2} \ldots \frac{G}{v_3} \ldots$ u. s. w. werden die Koëfficienten zur Ermittelung der virtuellen Länge genannt und der Ausdruck in der Klammer [ ] heisst die virtuelle Länge der Strecke $A - B$. Diese virtuelle Länge hat man mit 60^1 zu multiplizieren und durch die Grundgeschwindigkeit zu dividieren, um die Fahrzeit zu erhalten.

Die vorstehende Definition ist nicht vollständig richtig, sie müsste genau genommen lauten:

Diese virtuelle Länge für die Grundgeschwindigkeit G hat man mit 60[1] zu multiplizieren und durch die Grundgeschwindigkeit G zu dividieren, um die Fahrzeit der Strecke AB für die Grundgeschwindigkeit G zu erhalten, denn es ist von selbst ersichtlich, dass eine andere Grundgeschwindigkeit, z. B. G_1, andere Koëfficienten und eine andere Fahrzeit liefern würde. Die auf diese Art ermittelte Länge für die Grundgeschwindigkeit G war oder ist nämlich auch nur eine ganz gewöhnliche und keine aussergewöhnliche d. h. virtuelle Länge, denn wirkliche virtuelle Längen giebt es gar nicht und kann es gar nicht geben.

Die Grundgeschwindigkeit G in der Formel 3 kann nun jede beliebige Grösse erhalten, z. B. eine Grösse, die als vermutlich grösste Grundgeschwindigkeit in absehbarer Zeit für Dampflokomotiven vorkommen wird. Eine solche Grundgeschwindigkeit wäre z. B. $G = 120$ km in der Stunde; die Zahl 120 ist ausserdem für die Berechnung sehr bequem, denn man braucht die in Formel 3 in der Klammer stehende Grösse nur mit $\frac{60}{120} = \frac{1}{2}$ zu multiplizieren, um die Fahrzeit in Minuten zu erhalten. Die Koëfficienten $\frac{120}{v}$ sind ebenso leicht zu ermitteln wie die Koëfficienten $\frac{55}{v}$ oder $\frac{70}{v}$.

Ja! wird man einwenden, wie mache ich es aber, wenn ich nur mit 55 km Grundgeschwindigkeit fahren will?

Das ist sehr einfach, man hört bei Berechnung der Klammergrösse mit dem Koëfficienten $\frac{120}{55}$ als grösstem zulässigen auf.

Diese Entwickelungsmethode für die Koëfficienten zur Berechnung der in horizontale Strecken umzusetzende Steigungsstrecken soll nun zunächst zur Beseitigung für die bisher als richtig angesehene Kennzeichnung der Schnellzugsstrecken benutzt werden.

§ 4.

Im Referat ist Seite 10 angegeben für

Schnellzüge

1) $\frac{1}{525}$; $v = 70$ km wirkliche Geschwindigkeit

2) $\frac{1}{400}$; $v = 67{,}2$ km wirkliche Geschwindigkeit

3) $\frac{1}{315}$; $v = 65$ „ „ „

4) $\frac{1}{250}$; $v = 61{,}7$ „ „ „

5) $\frac{1}{200}$; $v = 58{,}1$ „ „ „

6) $\frac{1}{150}$; $v = 55$ „ „ „

7) $\frac{1}{100}$; $v = 45{,}7$ „ „ „

8) $\frac{1}{80}$; $v = 39{,}8$ „ „ „

Personenzüge

1) $1 : \infty - \frac{1}{315}$; $v = 55$ km wirkliche Geschwindigkeit

2) $\frac{1}{250}$; $v = 52$ „ „ „

3) $\frac{1}{200}$; $v = 48{,}5$ „ „ „

4) $\frac{1}{150}$; $v = 43$ „ „ „

5) $\frac{1}{100}$; $v = 34{,}5$ „ „ „

6) $\frac{1}{90}$; $v = 32$ „ „ „

7) $\frac{1}{80}$; $v = 29{,}6$ „ „ „

Die mit der Zahl 120 neu entwickelten Koëfficienten lauten demnach (s. Tab. S. 20).

Wie zu sehen, sind die Koëfficienten für Schnellzüge erheblich kleiner als die für Personenzüge; die mit diesen Koëfficienten entwickelte wirkliche Länge ist deshalb auch für Schnellzüge kleiner als für Personenzüge und für die Schnellzugsstrecken als Kriterium festgesetzte Einschränkung von dem Vorhandensein von geringeren Steigungen als 1 : 525 fällt hier vollständig fort.

Bei dem ursprünglichen Verfahren von Frankfurt-Bebra war diese Einschränkung auch nicht vorhanden, denn die Koëfficienten

für Schnellzüge galten für Grundgeschwindigkeiten, die annähernd 70 km in der Stunde nicht erheblich über- oder unterschritten, also etwa für 75—60 km in der Stunde. Es ist ja auch bei dieser Einschränkung die „virtuelle Länge“ grösser als die der Personenzüge, deren Grundgeschwindigkeit damals von 60 bis 45 km in der Stunde angenommen wurde [vergl. S. 3]. Die Hauptsache war aber damals die Fahrzeit; und dieselbe wurde dadurch annähernd richtig ermittelt, dass die „virtuelle Länge“ mit 60[1] multipliziert und durch die Grundgeschwindigkeit — bei Schnellzügen bis 75 km, bei Personenzügen durch höchstens 60 bis 45 km in der Stunde — dividiert wurde. Dadurch wurden damals die Fahrzeiten für Schnellzüge kleiner als die für Personenzüge. Nur dann entstand ein

Neigungsverhältnisse	Koëfficienten für Schnellzüge mit 70 km Grundgeschwindigkeit	Koëfficienten für Personenzüge mit 55 km Grundgeschwindigkeit
1 : ∞ ... 1 : 525	$\frac{120}{70} = 1,714$	$\frac{120}{55} = 2,181$
1 : 524 ... 1 : 400	$\frac{120}{67,2} = 1,785$	$\frac{120}{55} = 2,181$
1 ; 399 ... 1 : 315	$\frac{120}{65} = 1,846$	$\frac{120}{55} = 2,181$
1 : 314 ... 1 : 250	$\frac{120}{61,7} = 1,944$	$\frac{120}{52} = 2,307$
1 : 249 ... 1 : 200	$\frac{120}{58,1} = 2,065$	$\frac{120}{48,5} = 2,474$
1 : 199 ... 1 : 150	$\frac{120}{55} = 2,181$	$\frac{120}{43} = 2,790$
1 : 149 ... 1 : 100	$\frac{120}{45,7} = 2,625$	$\frac{120}{34,5} = 3,478$
1 : 99 ... 1 : 90	$\frac{120}{39,8} = 3,015$	$\frac{120}{32} = 3,750$
1 : 89 ... 1 : 80		$\frac{120}{29,6} = 4,054$

Widerspruch, wenn die Grundgeschwindigkeit der Schnellzüge gleich der der Personenzüge gesetzt wurde, [in beiden Fällen 60 km] was eigentlich ausgeschlossen zu sein schien.

Nachdem aber die Koëfficienten unbegrenzt für jede Last und für jede Lokomotivgattung Geltung erlangt haben, nachdem man für Personenzüge Grundgeschwindigkeiten von 70 km in der Stunde und für die Berechnung der kürzesten Fahrzeiten solcher Personenzüge sogar 80 km in der Stunde unbedenklich zur Anwendung bringt, so würden Schnellzüge, berechnet nach den Schnellzugkoëfficienten und einer Grundgeschwindigkeit von 80 km in der Stunde und für kürzeste Fahrzeiten von 90 km in der Stunde, grössere Fahrzeiten aufweisen als Personenzüge; deshalb griff man

zu der Einschränkung, dass eigentliche Schnellzugsstrecken keine grösseren Neigungen aufweisen dürften als 1:600 — [1:525] — 1:450.

§ 5.

Im § 3 ist nachgewiesen worden, dass für jede Grundgeschwindigkeit bei exakter Rechnung andere Koëfficienten für die Entwickelung der „virtuellen Länge" erforderlich sind und dass diese Koefficienten nichts weiter sind als die Quotienten der gewählten Grundgeschwindigkeit und der wirklich auftretenden Geschwindigkeit.

Die wirklich auftretende Geschwindigkeit ist aber abhängig von der Leistungsfähigkeit der gewählten Lokomotivgattung und der zur Beförderung gewählten Last. Es ist desshalb streng genommen die „virtuelle Länge" einer Strecke von der Lokomotive und der Grundgeschwindigkeit abhängig und es giebt für ein und dieselbe Strecke bei exakter Rechnung unendlich viele „virtuelle Längen".

Der Erfinder des Verfahrens Frankfurt-Bebra hatte es noch gut getroffen, denn er konnte noch seine Rechnung mit Durchschnittsleistungen durchführen und nahm infolgedessen nur zwei Lokomotivgattungen an; nämlich eine Schnellzugslokomotive und eine Personenzugslokomotive.

Anders stellt sich nach dem Fortschritt der Forschung heute diese Angelegenheit. Wir haben heute bei manchen Eisenbahn-Direktionen 10—15 Lokomotivtypen. Ja es wird sogar behauptet, dass bei einer Eisenbahn-Direktion sich noch eine Lokomotive befindet, die in den ersten Anfängen des Eisenbahnbaues aus England bezogen wurden und die pietätvoll immer wieder durch Reparatur in brauchbarem Zustand versetzt würde. Neben diesen ehrwürdigen Lokomotivtypen sind natürlich auch einige der neuesten Schnellzugstypen vorhanden. Alle diese Gattungen sollten nun unter einen und denselben Hut bezüglich der Berechnung der Fahrzeiten gebracht werden. Was blieb deshalb als einfachstes Mittel übrig, als die Koëfficienten des Frankfurt-Bebraer Verfahrens ohne jede Voraussetzung als ganz allgemeingültig einzuführen. Dass dadurch auch die Wirkung besserer und kräftigerer Lokomotiven in Frage gestellt wurde, wurde zunächst nicht in Erörterung gezogen.

Gleichzeitig wurde hierbei die bekannte Thatsache, dass die mit den virtuellen Längen berechneten Fahrzeiten für grössere Grundgeschwindigkeiten sich als zu klein und für kleinere als zu gross ergaben, nicht für auschlaggebend angesehen; obgleich die kürzesten Fahrzeiten dadurch als zu klein und die Fahrzeiten für

Güterzüge — um hier vorzugreifen — als zu gross berechnet werden.

Man weiss heute ganz genau wo der Schuh drückt; man weiss aber nicht wie das gute und präcise Funktionieren der heutigen Methode der Fahrzeitenberechnung durch eine bessere zu ersetzen ist, welche ausserdem noch die Bedingung erfüllen muss, der heutigen Berechnungsweise entsprechend, mindestens gleich kleine Fahrzeiten zu liefern und ausserdem noch die Möglichkeit der Weiterentwickelung nicht ausschliesst.

Ehe an die Entwickelung einer neuen Methode der Berechnung der Fahrzeiten geschritten wird, sollen zunächst noch die Fehler der heutigen Methode vor Augen geführt werden.

§ 6.

So weit bekannt geworden, ist noch niemals der Versuch gemacht worden die Grösse des Fehlers zu ermitteln, der dadurch gemacht wird, dass man die virtuelle Länge einer Strecke — berechnet aus den Quotienten des Frankfurt-Bebraer Verfahren — anstatt mit dem zugehörigen Quotienten, z. B. $\frac{60}{55}$, — für Personenzüge mit 55 km Grundgeschwindigkeit — mit einem anderen Quotienten z. B. $\frac{60}{75}$ multipliziert, um die Fahrzeit für einen Personenzug mit 75 km Grundgeschwindigkeit zu erhalten. Man hat zwar richtig erkannt, dass diese so ermittelte Fahrzeit zu klein ist, aber nicht festgestellt um wieviel.

Zunächst soll diesem Problem, soweit ausführbar, näher getreten werden. Es ist absichtlich gesagt „soweit ausführbar“, denn, da der Beweis an der Frankfurt-Bebraer Berechnungsweise geliefert werden muss, so müssen euch die Annahmen dieses Verfahrens beibehalten werden; und diese Annahmen lassen nur eine Beweisführung in den Grenzen 55 km bis 68,27 km bei Personenzügen zu.

Es ist nämlich zur Feststellung des Fehlers erforderlich, dass die Fahrzeiten, die nach dem Verfahren Frankfurt-Bebra ermittelt worden sind, mit den Fahrzeiten verglichen werden, die nach einem andern Verfahren ermittelt werden. Die Beweisführung soll an einem der Wirklichkeit entnommenen Längennivellement geführt werden und zwar an dem Längennivellement der Strecke $\frac{\text{Kreuzburg-Jarotschin}}{\text{Jarotschin-Kreuzburg}}$, dessen weitere Einzelheiten in der Anlage 3

angegeben sind und deren praktische Benutzung daselbst angegeben ist.

Die andere zum Vergleich der Fahrzeiten heranzuziehende Methode besteht, wie bereits angedeutet, in der Anwendung der aus dem Quotienten der zur Zeit grössten zu erwartenden Grundgeschwindigkeit — 120 km in der Stunde — und der wirklichen auftretenden Geschwindigkeit. Gleichzeitig soll bei dieser Ermittelung der Fahrzeiten auch die neu gewählte Abstufung der Neigungsverhältnisse berücksichtigt werden. Die Übereinstimmung des jetzigen Verfahrens mit dem neu gewählten wird für die Grundgeschwindigkeit 55 km zu führen sein, weil das alte Verfahren für 55 km Grundgeschwindigkeit richtige Fahrzeiten ohne Fehler liefert.

Die Feststellung der Fahrzeiten nach dem alten Verfahren Frankfurt-Bebra an einem bestimmten Beispiel ist so bekannt, dass hier nicht weitere Erörterung darüber erforderlich erscheinen.

Dagegen dürfte es erforderlich sein zu erwähnen, wie man zu den Koëfficienten $\frac{120}{v}$ kommt. Zu diesem Zwecke sind nach der sehr unangenehmen Clarkschen Formel — dieselbe läuft auf kubische Gleichungen hinaus — zunächst für volle Geschwindigkeitskilometer die zugehörige Steigung ermittelt werden, natürlich unter Beibehaltung der für Personenzüge angenommenen Belastung von 150 Tonnen. Aus dieser Tabelle wurden alsdann die für die neuen Steigungsabstufungen sich ergebenden wirklichen Geschwindigkeiten durch Interpolation ermittelt und es ergeben sich alsdann, z. B. für Personenzüge, nach den Annahmen Frankfurt-Bebra für die nachstehenden Steigungsabstufungen die dazu gehörigen neuen Koëfficienten (s. Tab. S. 24).

Um die Fehler nachweisen zu können, die dadurch entstehen, dass man anstandslos die nach dem Verfahren Frankfurt-Bebra für 55 km Grundgeschwindigkeit richtig ermittelte virtuelle Länge z. B. zur Berechnung der Fahrzeiten mit 65 km Grundgeschwindigkeit mit $\frac{60}{65}$ multipliziert, ist es zunächst erforderlich, den Nachweis zu führen, dass beide Verfahren für die Grundgeschwindigkeit 55 km gleiche Fahrzeiten — ohne Zuschläge natürlich — liefern.

In der nachstehenden Tabelle sind die Fahrzeiten nach dem Verfahren Frankfurt-Bebra und gleichzeitig sind den Koëfficienten $\frac{120}{v}$ für die Grundgeschwindigkeit 55 km in der Stunde für die

Steigungen in ‰	Steigungen in Bruchform 1:x	Personenzüge mit 150 t Wagenbruttolast		Bemerkungen
		v = wirkliche Geschwindigkeit in km i. d. St.	Koëfficient 120/v =	
17 ‰	1 : 58,82	23,3	5,15	
16 ‰	1 : 62,50	24,45	4,91	
15 ‰	1 : 66,66	25,75	4,66	
14 ‰	1 : 71,42	27,14	4,42	
13 ‰	1 : 76,92	28,7	4,18	
12 ‰	1 : 83,33	30,4	3,95	
11 ‰	1 : 90,91	32,33	3,71	
10 ‰	1 : 100	34,5	3,48	
9 ‰	1 : 111,11	36,63	3,28	
8 ‰	1 : 125	39,26	3,06	
7 ‰	1 : 142,85	41,9	2,86	
6 ‰	1 : 166,66	44,94	2,67	
5 ‰	1 : 200	48,5	2,47	
4 ‰	1 : 250	52,0	2,31	
3 ‰	1 : 333,33	55,8	2,15	
2 ‰	1 : 500	59,82	2,01	
1 ‰	1 : 1000	63,98	1,87	
0 ‰	1 : ∞	68,27	1,76	

Strecke $\frac{\text{Kreuzburg-Jarotschin}}{\text{Jarotschin-Kreuzburg}}$ zusammengestellt; ein Muster für die Berechnung befindet sich in der Anlage 4.

Wie man sieht, stimmen die Resultate der beiden Methoden gut überein, besonders, wenn berücksichtigt wird, dass die Resultate nach dem Verfahren Frankfurt-Bebra aus den zur Zeit geltenden Mittelwerten der alten Abstufung und die der neuen Abstufung aber aus den Grenzwerten ermittelt werden. Man kann deshalb die Differenzen, die sich bei Berechnung nach den beiden Methoden für die Geschwindigkeiten 65 km und 70 km Grundgeschwindigkeiten ergeben werden, als die Fehler ansehen, die sich durch die Not erzwungene Benutzung einer für 55 km Grundgeschwindigkeit ermittelten „virtuellen“ Länge für andere Grundgeschwindigkeiten ergeben.

Wie man sieht, ist die Differenz d. h. der Fehler bei 65 km Grundgeschwindigkeit bei der ganzen Strecke Kreuzburg-Jarotschin 7,385[1] und bei der Strecke Jarotschin-Kreuzburg sogar 8,431[1] d. h. die zur Zeit geübte Methode für die Berechnung der Fahrzeiten liefert um die vorstehend angegebenen Minuten zu kleine Fahrzeiten ohne Zuschläge gegenüber den wirklich erforderlichen Fahrzeiten. Da nun die Last, die eine Lokomotive zu befördern hat, nach den falsch berechneten Fahrzeiten rechnerisch bestimmt wird,

55 km Grundgeschwindigkeit

in der Stunde.

Stationen	Fahrzeiten ohne Zuschlag in Minuten nach dem Verfahren Frankfurt-Bebra	Fahrzeiten ohne Zuschlag in Minuten nach den Koëfficienten 120/v	Differenz +; —;	Stationen	Fahrzeiten ohne Zuschlag in Minuten nach dem Verfahren Frankfurt-Bebra	Fahrzeiten ohne Zuschlag in Minuten nach den Koëfficienten 120/v	Differenz +; —;
Kreuzburg—Schönwald . .	7,665[1]	7,694[1]	+ 0,029[1]	Jarotschin—Witaszyce . .	7,586[1]	7,607[1]	+ 0,021[1]
Schönwald—Pitschen . . .	10,441[1]	10,468[1]	+ 0,027[1]	Witaszyce—Kottlin. . . .	7,432[1]	7,470[1]	+ 0,038[1]
Pitschen—Kostau	7,778[1]	7,778[1]	± 0,000[1]	Kottlin—Pleschen	7,477[1]	7,356[1]	— 0,121[1]
Kostau—Lenka	8,237[1]	8,251[1]	+ 0,014[1]	Pleschen-Brunow.	12,845[1]	12,870[1]	+ 0,025[1]
Lenka—Kempen P	12,044[1]	12,099[1]	+ 0,055[1]	Brunow—Biniew	6,963[1]	7,039[1]	+ 0,076[1]
Kempen P—Kempen G .	1,476[1]	1,476[1]	± 0,000[1]	Biniew—Ostrowo	11,203[1]	11,185[1]	— 0,018[1]
Kempen G—Domanin . .	5,787[1]	5,804[1]	+ 0,017[1]	Ostrowo—Przygodzyce .	10,674[1]	10,443[1]	— 0,231[1]
Domanin—Schildberg . . .	13,431[1]	13,524[1]	+ 0,093[1]	Przygodzyce—Antonin .	7,398[1]	7,405	+ 0,007[1]
Schildberg—Antonin . . .	13,577[1]	13,578[1]	+ 0,001[1]	Antonin—Schildberg. . .	16,662[1]	16,755[1]	+ 0,093[1]
Antonin—Przygodzyce . .	7,360[1]	7,360[1]	± 0,000[1]	Schildberg—Domanin . .	12,573[1]	12,609[1]	+ 0,036[1]
Przygodzyce—Ostrowo . .	10,679[1]	10,803[1]	+ 0,124[1]	Domanin—Kempen G . .	5,295[1]	5,295[1]	± 0,000[1]
Ostrowo—Biniew	11,769[1]	11,833[1]	+ 0,064[1]	Kempen G—Kempen P .	1,687[1]	1,694[1]	+ 0,007[1]
Biniew—Brunow	6,963[1]	6,963[1]	± 0,000[1]	Kempen P—Lenka. . . .	11,842[1]	11,828[1]	— 0,014[1]
Brunow—Pleschen	12,419[1]	12,405[1]	— 0,014[1]	Lenka—Kostau	8,002[1]	8,049[1]	+ 0,047[1]
Pleschen—Kottlin.	6,917[1]	6,962[1]	+ 0,045[1]	Kostau—Pitschen	9,103[1]	9,172[1]	+ 0,069[1]
Kottlin—Witaszyce	7,621[1]	7,674[1]	+ 0,053[1]	Pitschen—Schönwald . .	10,247[1]	10,266[1]	+ 0,019[1]
Witaszyce—Jarotschin. . .	7,174[1]	7,175[1]	+ 0,001[1]	Schönwald—Kreuzburg .	7,434[1]	7,435[1]	+ 0,001[1]
	151,338[1]	151,847[1]	0,509[1]		154,423[1]	154,478[1]	+ 0,055[1]

65 km Grundgeschwindigkeit

in der Stunde.

1. Stationen	2. Fahrzeiten ohne Zuschlag in Minuten: a nach dem Verfahren Frankfurt-Bebra	b nach den Koëfficienten 120/v	3. Differenz +; —;	1. Stationen	2. Fahrzeiten ohne Zuschlag in Minuten: a nach dem Verfahren Frankfurt-Bebra	b nach den Koëfficienten 120/v	3. Differenz +; —;
Kreuzberg—Schönwald . .	6,485[1]	6,850[1]	+ 0,365[1]	Jarotschin—Witaszyce . .	6,418[1]	6,886[1]	+ 0,468[1]
Schönwald—Pitschen . . .	8,833[1]	9,937[1]	+ 0,564[1]	Witaszyce—Kottlin . . .	6,288[1]	6,654[1]	+ 0,366[1]
Pitschen— Kostau	6,580[1]	6,580[1]	± 0,000[1]	Kottlin—Pleschen	6,325[1]	6,662[1]	+ 0,337[1]
Kostau—Lenka	6,969[1]	7,397	+ 0,428[1]	Pleschen-Brunow	10,868[1]	11.568[1]	+ 0,700[1]
Lenka—Kempen P	10,189[1]	10,847	+ 0,658[1]	Brunow—Biniew	5,891[1]	6,169[1]	+ 0,278[1]
Kempen P—Kempen G. .	1,249[1]	1,249[1]	± 0,000[1]	Biniew—Ostrowo	9,479[1]	9,642[1]	+ 0,163[1]
Kempen G—Domanin . .	4,896[1]	5,429[1]	+ 0,533[1]	Ostrowo—Przygodzyce .	9,031[1]	9,442[1]	+ 0,411[1]
Domanin—Schildberg . .	11,364[1]	12,661[1]	+ 1,297[1]	Przygodzyce—Antonin . .	6,259[1]	6,830[1]	+ 0,571[1]
Schildberg—Antonin . . .	11,847[1]	11,847[1]	± 0,000[1]	Antonin—Schildberg . . .	14,097[1]	16,515[1]	+ 2,418[1]
Antonin—Przygodzyce . .	6,227[1]	6,227[1]	± 0,000[1]	Schildberg—Domanin . .	10,637[1]	11,155[1]	+ 0,518[1]
Przygodzyce—Ostrowo . .	9,035[1]	10,504[1]	+ 1,469[1]	Domanin—Kempen G . .	4,479[1]	4,479[1]	± 0,000[1]
Ostrowo—Biniew	9,957[1]	10,925[1]	+ 0,968[1]	Kempen G—Kempen P .	1,427[1]	1,575[1]	+ 0,148[1]
Biniew-Brunow	5,891[1]	6,112[1]	+ 0,221[1]	Kempen P—Lenka . . .	10,019[1]	10,403[1]	+ 0,384[1]
Brunow—Pleschen	10,507[1]	10,636[1]	+ 0,129[1]	Lenka—Kostau.	6,771[1]	7,266[1]	+ 0,495[1]
Pleschen—Kottlin	5,852[1]	6,016[1]	+ 0,164[1]	Kostau—Pitschen	7,702[1]	8,665[1]	+ 0,963[1]
Kottlin—Witaszyce	6,447[1]	6,921[1]	+ 0,474[1]	Pitschen—Schönwald . .	8,669[1]	8,754[1]	+ 0,085[1]
Witaszyce-Jarotschin . . .	6,070[1]	6,185[1]	+ 0,115[1]	Schönwald—Kreuzburg .	6,289[1]	6,415[1]	+ 0,126[1]
	128,398[1]	135,783[1]	+ 7,385		130,649[1]	139,080[1]	+ 8,431[1]

70 km Grundgeschwindigkeit

in der Stunde.

1. Stationen	2. Fahrzeiten ohne Zuschlag in Minuten: a nach dem Verfahren Frankfurt-Bebra	2. b nach den Koëfficienten 120/v	3. Differenz +; −;	1. Stationen	2. Fahrzeiten ohne Zuschlag in Minuten: a nach dem Verfahren Frankfurt-Bebra	2. b nach den Koëfficienten 120/v	3. Differenz +; −;
Kreuzburg—Schönwald . .	6,021^{1}	6,556^{1}	+ 0,535^{1}	Jarotschin—Witaszyce . .	5,959^{1}	6,707^{1}	+ 0,748^{1}
Schönwald—Pitschen . . .	8,201^{1}	9,046^{1}	+ 0,845^{1}	Witazyce—Kottlin	5,838^{1}	6,358^{1}	+ 0,520^{1}
Pitschen—Kostau	6,110^{1}	6,110^{1}	± 0,000^{1}	Kottlin—Pleschen	5,873^{1}	6,389^{1}	+ 0,516^{1}
Kostau—Lenka	6,470^{1}	7,068^{1}	+ 0,598^{1}	Pleschen—Brunow	10,090^{1}	11,103^{1}	+ 1,013^{1}
Lenka—Kempen P	9,460^{1}	10,441^{1}	+ 0,981^{1}	Brunow—Biniew	5,469^{1}	5,835^{1}	+ 0,366^{1}
Kempen P—Kempen G .	1,160^{1}	1,160^{1}	± 0,000^{1}	Biniew—Ostrowo	8,801^{1}	9,035^{1}	+ 0,234^{1}
Kempen G—Domanin . .	4,564^{1}	5,289^{1}	+ 0,725^{1}	Ostrowo—Przygodzyce. .	8,385^{1}	9,064^{1}	+ 0,679^{1}
Domanin—Schildberg . .	10,551^{1}	12,321^{1}	+ 1,770^{1}	Przygodyzce—Antonin . .	5,811^{1}	6,689^{1}	+ 0,878^{1}
Schildberg—Antonin . . .	10,665^{1}	10,666^{1}	+ 0,001^{1}	Antonin—Schildberg. . .	13,088^{1}	16,442^{1}	+ 3,354^{1}
Antonin—Przygodzyce . .	5,781^{1}	5,782^{1}	+ 0,001^{1}	Schildberg—Domanin . .	9,876^{1}	10,583^{1}	+ 0,707^{1}
Przygodzyce—Ostrowo . .	8,338^{1}	9,696^{1}	+ 1,358^{1}	Domanin—Kempen G. .	4,159^{1}	4,159^{1}	± 0,000^{1}
Ostrowo—Biniew	9,244^{1}	10,577^{1}	+ 1,333^{1}	Kempen G—Kempen P.	1,325^{1}	1,528^{1}	+ 0,203^{1}
Biniew—Brunow	5,469^{1}	5,787^{1}	+ 0,318^{1}	Kempen P—Lenka . . .	9,302^{1}	9,844^{1}	+ 0,542^{1}
Brunow-Pleschen	9,755^{1}	9,941^{1}	+ 0,186^{1}	Lenka—Kostau.	6,286^{1}	6,965^{1}	+ 0,679^{1}
Pleschen—Kottlin	5,433^{1}	5,644^{1}	+ 0,211^{1}	Kostau—Pitschen	7,151^{1}	8,514^{1}	+ 1,363^{1}
Kottlin—Witaszyce	5,986^{1}	6.625^{1}	+ 0,639^{1}	Pitschen—Schönwald . .	8,049^{1}	8,233^{1}	+ 0,184^{1}
Witaszyce—Jarotschin . .	5,636^{1}	5,844^{1}	+ 0,208^{1}	Schönwald—Kreuzburg .	5,840^{1}	6,067^{1}	+ 0,227^{1}
	118,844^{1}	128,553^{1}	+ 9,709^{1}		121,302^{1}	133,515^{1}	+ 12,213^{1}

so sind die sogenannten Belastungstabellen auch entsprechend falsch.

Aber nicht nur die Gesamtfahrzeit der beiden Strecken zeigt erhebliche Fehler; noch verhältnismässig grössere Fehler ergeben sich bei den einzelnen Teilstrecken, so z. B. bei den Teilstrecken Domanin-Schildberg und Antonin-Schildberg. Da man nun garnicht bisher in der Lage war zu wissen, wo der Fehler zwischen der falschen und der exakten Berechnung erheblich werden wird, so ist die Berechnung der Fahrzeiten nach der jetzt üblichen Methode bedenklich. Noch mehr zeigt sich die Zunahme des Fehlers, wenn wir eine um weitere 5 km grössere, also 70 km betragende Grundgeschwindigkeit annehmen.

Aus den vorstehenden Tabellen für die Grundgeschwindigkeiten 65 und 70 km in der Stunde geht hervor, dass die Fehler, welche bei die Anwendung des Verfahrens Frankfurt-Bebra gemacht und die ziffermässig durch die Berechnung der Fahrzeiten mit den Koëfficienten $\frac{120}{v}$ nachgewiesen werden, wie zu erwarten war, mit der Zunahme der Grundgeschwindigkeit wachsen werden.

Und zwar ist zu ersehen, dass, wenn ein Zug mit 65 km Grundgeschwindigkeit in der Stunde von Kreuzburg nach Jarotschin eine um 7,385[1] zu kleine Fahrzeit gegenüber dem exakten Verfahren aufweist, dieser Fehler bei einer Grundgeschwindigkett von 70 kn in der Stunde bereits 9,709[1] beträgt; also um 9,709—7,385 = 2,324[1] auf eine um 5 km vermehrte Grundgeschwindigkeit gewachsen ist.

Leider kann diese Untersuchung über die entstehenden Fehler nicht fortgesetzt werden, weil die nach der Clarkschen Formel und den Annahmen des Frankfurt-Bebraer Verfahrens über Belastung und Leistungsfähigkeit der Lokomotive berechneten wirklichen Geschwindigkeiten nur bis $v = 68,27$ Werte liefern d. h. dass auf der Steigung $1 : \infty$ ein Zug von 150 Tonnen Bruttolast nur noch mit 68,27 km Grundgeschwindigkeit gefahren werden kann.

Trotzdem ist man imstande auf die Grösse der Fehler bei noch grösseren Grundgeschwindigkeiten zu schliessen.

Die virtuelle Länge wird zur Zeit, wie schon früher hervorgehoben, auch noch mit den Koëfficienten des Verfahrens Frankfurt-Bebra ermittelt, wenn auch nicht auf die Herkunft derselben hingewiesen wird und auch nicht erwähnt wird, bis zu welcher Grundgeschwindigkeit diese Koëfficienten gelten. Es wird vielmehr dem Betriebstechniker überlassen, die Grenze der Gültigkeit ob 55, 70,

90 oder 100 km selbst festzusetzen. Hierdurch ist man in der Lage die Fehler über 70 km Grundgeschwindigkeit, wenn auch nicht exakt zu bestimmen, so doch als wahrscheinlich zu ermitteln; und wir haben alsdann für den vorliegenden Fall

			Differenz
bei	55 km Grundgeschwindigkeit einen Fehler von	0,000^1	
„	65 „ „ „ „ „	7,385	7,385^1
„	70 „ „ „ „ „	9,709	2,324^1

Beim ersten Intervall beträgt der Fehler für 1 km 0,739^1

Beim zweiten „ „ „ „ „ 1 „ 0,465^1

Der durchschnittliche Fehler für 1 km beträgt daher:

$$\frac{0{,}739 + 0{,}465}{2} = 0{,}602^1.$$

Es würde demnach der Fehler bei einer Grundgeschwindigkeit von 90 km in der Stunde $90 - 55 = 35$ km ... $0{,}602 \cdot 35 = 21{,}070^1$ betragen; bei 80 km Grundgeschwindigkeit würde der Fehler vermutlich 15,050^1 ausmachen.

Die Nichtbeachtung dieser Fehler kann sehr leicht die Veranlassung von Unfällen werden.

Ist der Fahrplan eines Zuges mit 70 km konstruiert und für die Ermittelung der kürzesten Fahrzeiten 80 km gewählt, so wird vermutlich nichts passieren, wenn der Zug nach der Belastungstabelle vollbelastet ist. Anders ist es, wenn der Zug nur so viele Wagen führt, als es ein schwacher Verkehr bedingt. In diesem Falle wird die Lokomotive die für sie ermittelte Fahrzeit und auch die festgesetzte kürzeste Fahrzeit innehalten; sie wird also die Strecke Kreuzburg-Jarotschin mit einer Geschwindigkeit fahren, die thatsächlich um 15^1 kleinere Fahrzeiten liefert, als beabsichtigt war; also anstatt 80 km mit einer fast dicht an 90—95 km liegenden Geschwindigkeit und das ist unbedingt gefährlich.

Und deshalb ist nicht nur zweckmässig, sondern unbedingt geboten, die gegenwärtige Methode zur Berechnung der Fahrzeiten für Personen- und Schnellzüge durch eine andere, zeitgemässere zu ersetzen.

§ 7.

In den Tabellen auf Seite 25 bis 27 für 55, 65 und 70 km Grundgeschwindigkeit für die Strecke $\frac{\text{Kreuzburg-Jarotschin}}{\text{Jarotschin-Kreuzburg}}$ sind die Angaben in Spalt 2a vollständig unveränderlich bei einer Veränderung

in den Annahmen über Belastung, Wahl der Lokomotiven etc. und werden nur durch eine Änderung in der Grundgeschwindigkeit veränderlich.

Die Angaben in Spalte 2b sind dagegen veränderlich je nachdem die Last, die Lokomotivgattung und die Grundgeschwindigkeit geändert werden. Nach Spalte 2a sind daher die Fahrzeiten, nachdem die Grundgeschwindigkeit einmal festgesetzt ist unveränderlich und man kann die leistungsfähigste Lokomotive verwenden, die man hat oder die man einzuführen beabsichtigt, es ist alles vergebens; die Fahrzeit für die gewählte Grundgeschwindigkeit bleibt immer dieselbe. Der einzige Vorteil der durch starke Lokomotiven erreicht werden kann, ist der, dass der Zug schwerere Wagen führen kann; z. B. die schweren D-Wagen.

Man muss daher zur Verbesserung des gegenwärtigen Zustandes sein Augenmerk auf die Ermittelung der Fahrzeiten aus den Koëfficienten $\frac{120}{v}$ d. h. aus den Zugkräften richten. Man sieht sofort, dass eine derartige Verbesserung möglich ist durch den variablen Wert für v.

v ist bekanntlich die jeweilig auftretende wirkliche Geschwindigkeit; dieselbe ist der Verminderung fähig in erster Linie durch leistungsfähige aber trotzdem schnell laufende Lokomotiven. Eine derartige Lokomotive ist die unter laufende No 6 aufgeführte der in Anlage 1 enthaltenen Zusammenstellung. Für diese Lokomotivgattung sollen nun für die Wagenbruttolasten 90, 120, 150 und 180 Tonnen die Koëfficienten $\frac{120}{v}$ berechnet werden um durch Benutzung derselben die Fahrzeiten für mehrere Grundgeschwindigkeiten bestimmen und dieselben mit den aus dem Verfahren Frankfurt-Bebra ermittelten Fahrzeiten vergleichen zu können. Die oben aufgeführten Wagenbruttolasten sind aus einem ganz bestimmten Grunde ausgewählt worden, der später ersichtlich werden wird.

Es braucht wohl nicht erst hervorgehoben zu werden, dass bei dieser Berechnung von der neuen Steigungs-Abstufung nach Millimetern Gebrauch gemacht werden wird.

Über den Gang der Rechnung sei hier nur erwähnt, dass zunächst aus den Angaben über die Zugkräfte für die Geschwindigkeiten 20; 30; 40 etc., 90 km in der Stunde die Zugkräfte für die dazwischenliegenden Geschwindigkeiten z. B. für 56 km ermittelt werden und zwar für alle nur einen Kilometer auseinanderliegenden Geschwindigkeiten. Diese Zugkräfte sind für die Lokomotiven No 1 bis No 6 auf der Anlage 2 für die Geschwindigkeiten 15—40 und 20—100 km zusammengestellt.

Alsdann wurde nach der bekannten verbesserten Clarkschen Formel z. B. für die Geschwindigkeit 56 km und die Wagenbruttolast 180 Tonnen für die Lokomotive No 6 das Steigungsverhältnis i ermittelt; man hat also

$$Z_{56} = \left[2{,}4 + \frac{56^2}{1000} + \frac{1000}{i}\right](180 + 83)$$

Z_{56} ist nach der Anlage 2 = 3078 kg; und 83 Tonnen ist das Dienstgewicht der Lokomotive No 6 der Anlage 2. Man kann auf diese Weise vorgehend die verschiedenen Steigungsverhältnisse i für alle in Frage kommenden v — wirklich auftretende Geschwindigkeit — ermitteln. Durch Interpolation erhält man alsdann für die gesuchten i der neuen Skala in $^0/_{00}$ das zugehörige v.

In der nachstehenden Zusammenstellung sind für die Lokomotive No 6 und für die Wagenbruttolasten 90, 120, 150 und 180 Tonnen, die zu den Steigungsverhältnissen der neuen Skala gehörigen Koëfficienten $\frac{120}{v}$ angegeben.

Steigungen in $^0/_{00}$	Steigungen in Bruchform	Lokomotive Nr. 6 der Anlage Nr. 1							
		90 Tonnen Wagenbruttolast		120 Tonnen Wagenbruttolast		150 Tonnen Wagenbruttolast		180 Tonnen Wagenbruttolast	
		v km	$\frac{120}{v}$	v km	$\frac{120}{v}$	v km	$\frac{120}{v}$	v km	$\frac{120}{v}$
12 $^0/_{00}$	1 : 83,33	57,04	2,10	45,37	2,64	—	—	—	—
11 „	1 : 90,91	61,03	1,97	49,90	2,40	39,61	3,03	28,37	4,23
10 „	1 : 100	64,97	1,85	54,34	2,21	44,78	2,68	35,32	3,39
9 „	1 : 111,11	68,80	1,74	58,59	2,05	49,67	2,41	41,28	2,91
8 „	1 : 125	72,58	1,65	63,08	1,90	54,45	2,20	46,65	2,57
7 „	1 : 142,85	76,36	1,57	67,22	1,78	59,15	2,03	51,79	2,32
6 „	1 : 166,66	80,16	1,50	71,03	1,68	63,73	1,88.	56,83	2,11
5 „	1 : 200	83,90	1,43	75,34	1,59	68,13	1,76	61,69	1,94
4 „	1 : 250	87,50	1,37	79,38	1,51	72,42	1,65	66,40	1,81
3 „	1 : 333,33	90,83	1,32	83,35	1,44	76,68	1,56	70,96	1,69
2 „	1 : 500	94,21	1,27	87,17	1,38	80,92	1,48	75,04	1,60
1 „	1 : 1000	97,47	1,23	90,72	1,32	85,08	1,41	79,75	1,50
0 „	1 : ∞	100,00	1,20	94,29	1,27	88,50	1,36	84,00	1,43

Mit diesen Koëfficienten $\frac{120}{v}$ sind nun für die Strecke Kreuzburg-Jarotschin die Fahrzeiten ohne Zuschläge von Station zu Station und schliesslich durch entsprechende Addition auch für die Strecke Kreuzburg-Jarotschin ohne Aufenthalt auf den einzelnen Stationen ermittelt worden. Die so gewonnenen Resultate sind für die daneben bezeichneten Grundgeschwindigkeiten und Wagenbruttolasten übersichtlich nachstehend zusammengestellt.

Stationen	Lokomotive Nr. 6 der Anlage 1 — 90 Tonnen Wagenbruttolast — Grundgeschwindigkeit in Kilometern in der Stunde 80 — Fahrzeit in Min.	90 — Fahrzeit in Min.	100 — Fahrzeit in Min.
Kreuzburg-Schönwald . . .	5,111	4,629	4,302
Schönwald-Pitschen	7,044	6,353	5,910
Pitschen-Kostau	5,347	4,752	4,278
Kostau-Lenka	5,327	4,887	4,551
Lenka-Kempen P	7,999	7,266	6,772
Kempen P-Kempen G. . .	1,015	0,902	0,812
Kempen G-Domanin. . . .	3,693	3,413	3,264
Domanin-Schildberg	8,379	7,855	7,813
Schildberg-Antonin	9,334	8,295	7,467
Antonin-Przygodzyce . . .	5,060	4,496	4,048
Przygodzyce-Ostrowo . . .	6,820	6,322	6,007
	65,129[1]	59,170[1]	55,224[1]
Ostrowo-Biniew	7,655	7,018	6,659
Biniew-Brunow	4,796	4,257	3,917
Brunow-Pleschen	8,454	7,530	6,349
Pleschen-Kottlin	4,755	4,239	3,864
Kottlin-Witaszyce	4,960	4,551	4,252
Witaszyce-Jarotschin	4,932	4,383	3,995
	35,552[1]	31,978[1]	29,036[1]
Kreuzburg-Jarotschin . . .	100,681[1]	91,148[1]	84,260[1]

Stationen	Lokomotive Nr. 6 der Anlage 1 — 120 Tonnen Wagenbruttolast — Grundgeschwindigkeit in Kilometern in der Stunde 70	80	90
Kreuzburg-Schönwald . . .	5,849	5,192	4,773
Schönwald-Pitschen	8,049	7,106	6,542
Pitschen-Kostau	6,110	5,347	4,752
Kostau-Lenka	6,072	5,507	5,084
Lenka-Kempen P	9,136	8,172	7,507
Kempen P-Kempen G . . .	1,159	1,015	0,904
Kempen G-Domanin . . .	4,209	3,857	3,637
Domanin-Schildberg . . .	9,546	8,842	8,411
Schildberg-Antonin	10,666	9,334	8,295
Antonin-Przygodzyci. . . .	5,782	5,060	4,496
Przygodzyci-Ostrowo . . .	7,761	7,111	6,716
	74,339[1]	66,543[1]	61,117[1]
Ostrowo-Biniew	8,634	7,884	7,423
Biniew-Brunow	5,470	4,783	4,232
Brunow-Pleschen	9,660	8,488	7,608
Pleschen-Kottlin	5,434	4,709	4,288
Kottlin-Witaszyci	5,659	5,118	4,744
Witaszyci-Jarotschin	5,636	4,932	4,416
	40,493[1]	35,914[1]	32,711[1]
Kreuzburg-Jarotschin . . .	114,832[1]	102,457	93,828[1]

Stationen	Lokomotive No. 6 der Anlage 1					
	150 Tonnen Wagenbruttolast					
	Grundgeschwindigkeit in Kilometern per Stunde					
	60	65	70	75	80	85
	Fahrzeit in Minuten	Fahrzeit in Minuten	Fahrzeit in Minuten	Fahrzeit in Minuten	Fahrzeit in Minuten	Fahrzeit in Minuten
Kreuzburg-Schönwald	6,814	6,290	5,881	5,595	5,345	5,124
Schönwald-Pitschen	9,392	8,669	8,079	7,631	7,302	7,014
Pitschen-Kostau	7,129	6,530	6,110	5,703	5,347	5,033
Kostau-Lenka	7,077	6,658	6,307	6,013	5,760	5,538
Lenka-Kempen P	10,642	9,892	9,299	8,817	8,407	8,082
Kempen P-Kempen G . . .	1,350	1,249	1,160	1,083	1,015	0,955
Kempen G-Domanin	4,876	4,618	4,397	4.206	4,075	3,982
Domanin-Schildberg	11,045	10,507	9,495	9,190	8,933	8,706
Schildberg-Antonin	12,445	11,487	10,666	9,956	9,334	8,786
Antonin-Przygodzyce	6,746	6,227	5,782	5,397	5,060	4,763
Przygodzyce-Ostrowo . . .	8,990	8,516	8,111	7,797	7,562	7,352
	86,506	80,643	75,287	71,388	68,140	65,335
Ostrowo-Biniew	10,153	9,501	8,967	8,572	8,286	8,052
Biniew-Brunow	6,387	5,895	5,474	5,110	4,830	4,613
Brunow-Pleschen	11,272	10,404	9,678	9,077	8,551	8,088
Pleschen-Kottlin	6,340	5,852	5,434	5,090	4,809	4,560
Kottlin-Witaszyce	6,578	6,160	5,834	5,561	5,338	5,140
Witaszyce-Jarotschin	6,576	6,069	5,636	5,261	4,932	4,691
	47,306	43,881	41,023	38,671	36,746	35,144
Kreuzburg-Jarotschin	133,812[1]	124,524[1]	116,310[1]	110,059	104,866[1]	100,479

Stationen	Lokomotive No. 6 der Anlage 1 — 180 Tonnen Wagenbruttolast — Grundgeschwindigkeit in Kilometern per Stunde				
	60	65	70	75	80
	Fahrzeit in Minuten	Fahrzeit in Minuten	Fahrzeit in Minuten	Fahrzeit in Minuten	Fahrzeit in Minuten
Kreuzburg-Schönwald	6,814	6,374	6,043	5,757	5,506
Schönwald-Pitschen	9,392	8,726	8,222	7,836	7,536
Pitschen-Kostau	7,129	6,580	6,110	5,703	5,347
Kostau-Lenka	7,283	6,878	6,539	6,250	5,999
Lenka-Kempen P	10,788	10,106	9,552	9,088	8,732
Kempen P-Kempen G	1,353	1,249	1,159	1,083	1,015
Kempen G-Domanin	5,094	4,836	4,615	4,467	4,361
Domanin-Schildberg	11,621	11,123	10,765	10,472	10,215
Schildberg-Antonin	22,445	11,487	10,666	9,956	9,334
Antonin-Przygodzyce	6,746	6,227	5,782	5,397	5,059
Przygodzyce-Ostrowo	9,396	8,922	8,584	8,316	8,079
	88,061	82,508	78,037	74,325	71,183
Ostrowo-Biniew	10,395	9,793	9,354	9,036	8,776
Biniew-Brunow	6,382	5,891	5,470	5,172	4,925
Brunow-Pleschen	11,272	10,440	9,744	9,144	8,618
Pleschen-Kottlin	6,340	5,852	5,468	5,147	4,865
Kottlin-Witaszyce	6,762	6,376	6,070	5,814	5,592
Witaszyce-Jarotschin	6,576	6,070	5,636	5,261	5,003
	47,727	44,422	41,742	39,574	37,779
Kreuzburg-Jarotschin	135,788	126,930	119,779	113,899	108,962

Stationen	Virtuelle Länge	Fahrzeiten ohne Zuschläge für Personenzüge und für die Grundgeschwindigkeiten von							
	m	60	65	70	75	80	85	90	i. d. St. 100 km
Kreuzburg—Schönwald	7 026	7,026	6,485	6,021	5,621	5,270	4,960	4,679	4,216
Schönwald—Pitschen	9 570	9,570	8,833	8,201	7,656	7,178	6,756	6,374	5,742
Pitschen—Kostau	7 129	7,129	6,580	6,110	5,703	5,347	5,033	4,748	4,277
Kostau—Lenka	7 550	7,550	6,969	6,470	6,040	5,663	5,330	5,028	4,530
Lenka—Kempen P	11 039	11,039	10,189	9,460	8,831	8,279	7,794	7,352	6,623
Kempen P—Kempen G . . .	1 353	1,353	1,249	1,160	1,082	1,015	0,955	0,901	0,812
Kempen G—Domanin	5 304	5,304	4,896	4,546	4,243	3,978	3,745	3,532	3,182
Domanin—Schildberg	12 311	12,311	11,363	10,551	9,849	9,233	8,692	8,199	7,387
Schildberg—Antonin	12 445	12,445	11,487	10,665	9,956	9,334	8,786	8,288	7,467
Antonin—Przygodzyce	6 746	6,746	6,227	5,781	5,397	5,060	4,763	4,493	4,048
Przygodzyce—Ostrowo . . .	9 788	9,788	9,034	8,388	7,830	7,341	6,910	6,519	5,873
Kreuzburg—Ostrowo	90,261 m	90,261[1]	83,312[1]	77,353[1]	72,208[1]	67,698[1]	63,724[1]	60,113[1]	54,157[1]
Ostronow—Biniew	10 787	10,787	9,956	9,244	8,630	8,090	7,616	7,184	6,472
Biniew—Brunow	6 382	6,382	5,891	5,469	5,106	4,787	4,506	4,250	3,829
Brunow—Pleschen	11 383	11,383	10,507	9,755	9,106	8,537	8,036	7,581	6,830
Pleschen—Kottlin	6 340	6,340	5,852	5,433	5,072	4,755	4,476	4,222	3,804
Kottlin—Witaszyce	6 983	6,983	6,445	5,984	5,586	5,237	4,930	4,651	4,190
Witaszyce—Jarotschin	6 576	6,576	6,070	5,636	5,261	5,932	4,643	4,380	3,946
Ostrowo—Jarotschin	48 451 m	48,451[1]	44,721[1]	41,521[1]	38,761[1]	36,338[1]	34,207[1]	32,268[1]	29,071[1]
Kreuzburg—Jarotschin	138 712 m	138,712[1]	128,033[1]	118,874[1]	110,969[1]	104,036[1]	97,931[1]	92,381[1]	83,228[1]

In der vorstehenden Tabelle sind die Fahrzeiten für die Strecke Kreuzburg-Jarotschin zusammengestellt, wie sie sich aus der bei den Preuss. Staatsbahnen üblichen Methode ergeben; und zwar umfasst die Zusammenstellung die Grundgeschwindigkeiten von 60 bis 100 km i. d. St.

Streckenabschnitte	Grundgeschwindigkeiten in km in der Stunde 60	65	70	75	80	85	90	100	
Kreuzburg-Ostrowo	90,261^1	83,312^1	77,353^1	72,208^1	67,698^1	63,724^1	60,113^1	54,157^1	Soll-Leistungen*)
					65,129^1		59,170^1	55,224^1	Lok. No. 6 mit 90 Tonnen Bruttolast
			74,339^1		66,543^1		61,117^1		„ „ 6 „ 120 „ „
	86,506^1	80,643^1	75,287^1	71,308^1	68,140	65,335^1			„ „ 6 „ 150 „ „
	88,061^1	82,508^1	78,037^1	74,325^1	71,183^1				„ „ 6 „ 180 „ „
Ostrowo-Jarotschin	48,451^1	44,721^1	41,521^1	38,761^1	36,338^1	34,207^1	32,268^1	29,071^1	Soll-Leistungen*)
					35,552^1		31,978^1	29,036^1	Lok. No. 6 mit 90 Tonnen Bruttolast
			40,493^1		34,914^1		32,711^1		„ „ 6 „ 120 „ „
	47,306^1	43,881^1	41,023^1	38,671^1	36,746^1	35,144^1			„ „ 6 „ 150 „ „
	47,727^1	44,422^1	41,742^1	39,574^1	37,779^1				„ „ 6 „ 180 „ „
Kreuzburg-Jarotschin	138,712^1	128,033^1	118,874^1	110,969^1	104,036^1	97,931^1	92,381^1	83,228^1	Soll-Leistungen*)
					100,681^1		91,148^1	84,260^1	Lok. No. 6 mit 90 Tonnen Bruttolast
			114,832^1		102,547^1		93,828^1		„ „ 6 „ 120 „ „
	133,812^1	124,524^1	116,310^1	110,059^1	104,866^1	109,479^1			„ „ 6 „ 150 „ „
	135,788^1	126,930^1	119,779^1	113,899^1	108,962^1				„ „ 6 „ 180 „ „

*) Die Wagenbruttolasten können erst nach Wahl der Lokomotivgattung angegeben werden.

Vorstehend sind die Ermittelungen aus der Tabelle auf Seite 35 als Soll-Leistungen für die Streckenabschnitte
Kreuzburg-Ostrowo,
Ostrowo-Jarotschin
und Kreuzburg-Jarotschin
den Ergebnissen für dieselben Streckenabschnitte der Lokomotive No. 6 mit den Belastungen 90, 120, 150 und 180 Tonnen bei gleichen Grundgeschwindigkeiten als Ist-Leistungen gegenübergestellt.

Aus der vorstehenden Zusammenstellung ist nun zunächst zu ersehen, dass man bei Anwendung der neuen Berechnungsweise für jede beliebige Last zwar eine ganz bestimmte aber nie gleichlautende Fahrzeit erhält, auch nicht bei Annahme einer gleich grossen Grundgeschwindigkeit; während bei Berechnung nach der gegenwärtigen Methode, für dieselbe Grundgeschwindigkeit sich immer nur ein und dieselbe Fahrzeit ergiebt.

Wenn nun auch die Dampflokomotiven noch so sehr vervollkommnet werden, es ergiebt sich bei der gewähten nämlichen Grundgeschwindigkeit immer nur dieselbe Fahrzeit; die Verbesserung der Lokomotiven kann sich demnach nicht in grösserer Geschwindigkeit bethätigen, sondern nur in Vergrösserung der Last.

Ferner ersieht man aus der vorstehenden Zusammenstellung, dass für die Berechnung der kürzesten Fahrzeiten weder Schwierigkeiten, noch zeitraubende Berechnungen erforderlich sind, wenn die einzelnen Strecken, wie die vorstehende Tabelle angiebt, behandelt werden. Ja diese Tabelle zeigt erst, wie man zu verfahren hat, wenn unter Ausnutzung der Lokomotive bestimmte Anschlüsse erzielt werden sollen.

Endlich zeigt die vorstehende Tabelle, welche Grundgeschwindigkeiten bei gewählter Last für Schnellzüge und welche für Personenzüge empfehlenswert zind.

Die für Lokomotivgattung No. 6 der Anlage 1 gewählten Bruttolasten gestatten zunächst Züge mit 90, 120, 150 und 180 Tonnen Last in den dafür ermittelten Fahrzeiten zu fahren. Ferner kann man aber auch mit denselben Fahrzeiten unter Verwendung von 2 Lokomotiven

Züge	fahren	mit	2 · 90	Tonnen	= 180	Tonnen
„	„	„	2 · 120	„	= 240	„
„	„	„	2 · 150	„	= 300	„
„	„	„	2 · 180	„	= 360	„

Bruttobelastung.

Durch derartige Züge dürfte vorläufig den weitgehendsten Anforderungen genügt sein.

Voraussetzung ist hierbei natürlich, dass von der Lokomotivgattung No. 6 genügend viele Lokomotiven zur Verfügung stehen, oder dass Lokomotiven gebaut werden, die die doppelte Last in derselben Fahrzeit befördern können, welche die Lokomotive No. 6 befördert. Letztere Anforderung wird wohl noch lange ein frommer Wunsch bleiben.

Aber auch auf die Beschaffung genügend vieler Lokomotiven No. 6 wird man nicht zu sehr rechnen brauchen, man wird auch die anderen vorhandenen Lokomotiven ausnutzen müssen.

Die anderen zur Verfügung stehenden Lokomotivgattungen weisen natürlich andere und zwar geringere Leistungsfähigkeiten auf, als die Lokomotivgattung No. 6; man hat deshalb zwei Wege offen, um diese minderwertigen Lokomotiven zu verwenden.

Man kann erstens die gewählten Lasten für sämtliche Lokomotivgattung beibehalten.

Hieraus würden sich für jede Lokomotivgattung andere Fahrzeiten und mithin andere Fahrpläne ergeben.

Dieser Weg ist also ungangbar und es muss der andere Weg eingeschlagen werden, der darauf hinausläuft, für die aus der Lokomotive No. 6 ermittelten Fahrzeiten für jede andere Lokomotivgattung die zugehörige Last zu ermitteln.

Die Ermittelung dieser Lasten ist ungemein einfach und bietet gar keine Schwierigkeiten und erfordert keine zeitraubende Rechnungen. So findet man z. B. die betreffenden Wagenbruttolasten für die Lokomotive No. 3 der Anlage 1 wie unten angegeben.

Gesucht sei die Bruttolast für die Steigung $10\,^0/_{00} = 1:100$ entsprechend der Last 180 T. der Lokomotive No. 6.

Der Koëfficient für die Steigung $10\,^0/_{00} = 1:100$ ist $3{,}39 = \frac{120}{35{,}32}$. Die Zugkraft der Lokomotivgattung No. 3 für die Geschwindigkeit 35,32 km ist 2563 kg; man hat also

$$2563 = \left(2{,}4 + \frac{35{,}32^2}{1000} + \frac{1000}{100}\right) P$$

$$P = 187{,}8 \text{ Tonnen}$$

ab Dienstgewicht der Lokomotive No. 3 $= 64{,}5$ „

bleibt Wagenbruttolast $= 123{,}3$ Tonnen.

Die Aufstellung von Belastungstabellen ist durch diese Relation leicht und einfach.

Es soll hier nur noch angedeutet werden, wie das hier mitgeteilte Verfahren beibehalten werden kann, jedoch mit entsprechenden Abänderungen, wenn die Preussische Eisenbahnverwaltung wirklich einmal nicht nur mit hinreichenden sondern wirklich hervorragenden Dampflokomotiven ausgestattet werden sollte.

Es müsste alsdann genau so verfahren werden, wie vorstehend mit der Lokomotive No. 6 der Dividendus 120, der sonst sehr bequem ist, müsste sonst durch einen anderen ersetzt werden, die Lasten für die minderwertigen Lokomotiven würden, wie vorstehend gezeigt, auch später leicht berechnet werden können.

Anlage 1.

Gattung der Lokomotiven	Cylinderdurchmesser	Kolbenhub	Triebraddurchmesser	Dampfüberdruck	Adhäsionsgewicht	Heizfläche	Auf 1 qm Heizfläche entfallen Pferdestärken	Summe d. Pferdestärken	Summe der Kilogrammmeter Col. i . 75 aus d. Heizfläche berech.	Maximalzugkräfte ermittelt aus der Adhäsion $s = \frac{\text{Col. } f}{6,5}$ (rund)	der Grösse der Dampfcylinder $s = \frac{d^2 . l . p . 0,6}{D}$	der Heizfläche $s = \frac{\text{Col. } k}{\text{Col. } p}$
a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	*k*	*l*	*m*	*n*
	mm	mm	mm	kg	T	qm	Anzahl		kg	kg	kg	kg
No. 1	450	630	1330	10	38,5	125	2,6	325,0	24375	5900	5800	5945
Normale 3/3 gekuppelte Güterzugslokomotive m. Tender						bei	3,0	375,0	28150	5900	5800	5114
				Tender extra	27,5	1,53	3,5	437,5	32813	5900	5800	3953
				Sa.	66,0	Rostfläche	4,0	500,0	37500	5900	5800	3378
No. 2	350	550	1080	12	29,2	60,3	3,6	217,1	16285	4490	4500	3972
Normale 2/3 gekuppelte Tenderlokomotive für Nebenbahnen						bei	4,0	242,2	18090	4490	4500	3287
						1,3	4,3	259,3	19448	4490	4500	2343
						Rostfläche	4,6	277,4	20805	4490	4500	1874
No. 3	420	560	1730	10	24,4	91,8	2,7	247,9	18593	3754	3450	3381
Normale 2/3 gekuppelte Personenzuglokomotive mit Tender (ältere)				ganze Lok.	37,0	bei	3,3	302,9	22718	3754	3450	2737
				Tender	27,5	1,718	3,9	358,0	26850	3754	3450	2419
				Sa.	64,5	Rostfläche	4,4	403,9	30293	3754	3450	2179
							4,8	440,6	33045	3754	3450	1991
							5,2	447,4	35805	3754	3450	1841
							5,5	504,9	37868	3754	3450	1703
No. 4	430	600	1730	12	28,09	125	2,75	344	25771	4322	4618	4602
Vierachsige 2fach gekuppelte Personenzuglokomotive mit Drehgestell				ganze Lok.	49,14	bei	3,73	467	34993	4322	4618	4216
				Tender	33,00	2,3	4,30	538	40349	4322	4618	3635
				Sa. ∽	82,00	Rostfläche	4,70	587	44021	4322	4618	3167
							4,97	621	46576	4322	4618	2789
							5,21	651	48799	4322	4618	2515
							5,41	676	50700	4322	4618	2284
							5,58	698	52325	4322	4618	2093
No. 5	430	600	1960	12	28,22	125	2,61	326	24427	4322	4076	4362
Vierachsige 2fach gekupp. Schnellzuglokomotive mit vorderem Drehgestell				ganze Lok.	48,96	bei	3,48	435	32594	4322	4076	3927
				Tender	33,00	2,3	4,06	508	38106	4322	4076	3433
				Sa. ∽	82,00	Rostfläche	4,54	567	42520	4322	4076	3059
							4,94	618	46359	4322	4076	2776
							5,27	659	49354	4322	4076	2544
							5,55	694	52081	4322	4076	2346
							5,74	718	53875	4322	4076	2155
No. 6	440	600	1945	12	28,4	125	2,27	284	21295	4310	4267	3830
Vierachsige 2fach gekuppelte Verbund Schnellzuglokomotive mit vorderem Drehgestell	660			ganze Lok.	50,3	bei	3,30	412	30863	4310	4267	3705
				Tender	32,5	2,3	4,12	515	38641	4310	4267	3478
				Sa. ∽	83,0	Rostfläche	4,78	397	44767	4310	4267	3223
							5,31	664	49777	4310	4267	2986
							5,74	717	53752	4310	4267	2765
							6,09	761	57061	4310	4267	2568
							6,34	793	59450	4310	4267	2378

Geschwindigkeit: in der Stunde	Geschwindigkeit: in der Minute	Widerstand auf 1 : ∞ pro 1 Tonne: Lokomotivgewicht	Widerstand auf 1 : ∞ pro 1 Tonne: Tender- und Wagenbruttogewicht	Geförderte Wagenbruttolasten in Tonnen bei den in den Col. *o* und *p* verzeichneten Geschwindigkeiten und den hier unten angegebenen Neigungen: 25 mm 1 : 40	16,67 mm 1 : 60	10,0 mm 1 : 100	6,76 mm 1 : 150	5,0 mm 1 : 200	3,33 mm 1 : 300	2,5 mm 1 : 400	2,0 mm 1 : 500	Bemerkungen
o	*p*	*q*	*r*	*s*	*t*	*u*	*v*	*w*	*x*	*y*	*z*	
km	m	kg	kg	Wagenbruttogewicht in Tonnen								
15	4,1	2,6	2,6	144	235	394	560	697	912	1071	1195	
20	5,5	2,8	2,8	118	197	333	474	590	768	899	999	
30	8,3	3,3	3,3	74	132	231	331	410	529	615	680	
40	11,1	4,0	4,0	—	—	175	251	309	395	454	497	
15	4,1	2,6	2,6	115	177	286	399	493	641	749	834	
20	5,5	2,8	2,8	89	140	228	318	392	507	591	656	
30	8,3	3,3	3,3	—	88	147	206	253	324	375	413	
40	11,1	4,0	4,0	—	—	105	146	179	226	259	283	
20	5,5	2,8	2,8	57	109	200	293	369	487	574	640	
30	8,3	3,3	3,3	32	73	141	210	265	348	407	452	
40	11,1	4,0	4,0	—	53	108	162	204	266	307	339	
50	13,9	4,9	4,9	—	—	82	123	156	200	230	251	
60	16,6	6,0	6,0	—	—	60	93	117	149	170	184	
70	19,4	7,3	7,3	—	—	—	67	85	109	123	133	
80	22,2	8,8	8,8	—	—	—	—	59	76	86	93	
20	5,6	2,8	2,8	84	154	277	404	508	669	786	876	
30	8,3	3,3	3,3	67	129	235	341	426	554	645	713	
40	11,1	4,0	4,0	—	94	178	259	322	414	477	524	
50	13,9	4,9	4,9	—	65	131	192	238	303	346	377	
60	16,7	6,0	6,0	—	—	92	138	172	217	246	267	
70	19,4	7,3	7,3	—	—	64	98	123	155	175	188	
80	22,2	8,8	8,8	—	—	—	66	84	106	120	130	
90	25,0	10,5	10,5	—	—	—	—	53	69	79	86	
20	5,6	2,8	2,8	75	142	259	379	477	629	741	826	
30	8,3	3,3	3,3	57	115	213	312	391	510	595	659	
40	11,1	4,0	4,0	36	84	163	240	299	386	446	490	
50	13,9	4,9	4,9	—	60	123	182	227	290	331	361	
60	16,7	6,0	6,0	—	—	91	137	170	215	244	265	
70	19,4	7,3	7,3	—	—	65	100	125	157	178	191	
80	22,2	8,8	8,8	—	—	—	70	88	111	126	135	
90	25,0	10,5	10,5	—	—	—	—	57	73	84	90	
20	5,56	2,8	2,8	55	114	216	321	408	542	640	715	
30	8,33	3,3	3,3	48	103	196	289	363	476	556	616	
40	11,11	4,0	4,0	37	85	165	243	303	391	452	497	
50	13,89	4,9	4,9	—	66	133	196	243	309	353	384	
60	16,67	6,0	6,0	—	49	104	153	189	237	268	290	
70	19,44	7,3	7,3	—	—	77	115	142	177	199	214	
80	22,22	8,8	8,8	—	—	—	83	103	129	144	155	
90	25,00	10,5	10,5	—	—	—	—	70	89	100	107	

Anlage 2.

Zugkräfte der Lokomotivgattungen 1—6 der Anlage 1, für Geschwindigkeiten von 1 km Abstand.

Lokomotive No. 1; Normale $^3/_3$ gekuppelte Güterzuglokomotive mit Tender.

Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg
40	3378	32	3781	24	4590	16	5759
39	3408	31	3863	23	4712	15	5800
38	3443	30	3953	22	4840		
37	3484	29	4049	21	4974		
36	3530	28	3149	20	5114		
35	3582	27	4253	19	5262		
34	3641	26	4361	18	5418		
33	3707	25	4473	17	5583		

Lokomotive No. 2; Normale $^3/_3$ gekuppelte Tenderlokomotive für Nebenbahnen.

Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg
40	1874	31	2279	22	3042
39	1907	30	2342	21	3160
38	1943	29	2411	20	3287
37	1982	28	2483	19	3427
36	2023	27	2561	18	3561
35	2067	26	2644	17	3698
34	2114	25	2733	16	3835
33	2165	24	2830	15	3972
32	2220	23	2932		

Lokomotive No. 3; Normale $^{2}/_{3}$ gekuppelte Personenzuglokomotive mit Tender (ältere).

Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg
80	1704	59	2007	39	2457
79	1718	58	2024	38	2484
78	1731	57	2042	37	2513
77	1745	56	2060	36	2543
76	1759	55	2079	35	2573
75	1772	54	2098	34	2605
74	1786	53	2117	33	2639
73	1800	52	2137	32	2673
72	1813	51	2158	31	2699
71	1827	50	2179	30	2737
70	1841	49	2201	29	2777
69	1855	48	2223	28	2821
68	1868	47	2246	27	2868
67	1883	46	2269	26	2920
66	1897	45	2293	25	2977
65	1912	44	2317	24	3041
64	1927	43	2342	23	3113
63	1942	42	2367	22	3192
62	1958	41	2392	21	3283
61	1974	40	2419	20	3381
60	1991	—	—	—	—

Lokomotive No. 4, vierachsige zweifach gekuppelte Personenzug-Lokomotive mit Drehgestell.

Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg
90	2093	66	2630	42	3532
89	2111	65	2658	41	3583
88	2130	64	2686	40	3635
87	2149	63	2716	39	3688
86	2168	62	2746	38	3741
85	2188	61	2776	37	3795
84	2208	60	2809	36	3850
83	2228	59	2841	35	3907
82	2249	58	2874	34	3966
81	2270	57	2907	33	4027
80	2291	56	2942	32	4089
79	2312	55	2977	31	4152
78	2334	54	3013	30	4216
77	2356	53	3050	29	4281
76	2379	52	3088	28	4346
75	2402	51	3127	27	4412
74	2426	50	3167	26	4477
73	2450	49	3208	25	4543
72	2475	48	3250	24	4608
71	2499	47	3294	23	4673
70	2525	46	3339	22	4739
69	2550	45	3385	21	4804
68	2576	44	3433	20	4870
67	2603	43	3482	—	—

Lokomotive No. 5, vierachsige zweifach gekuppelte Schnell-zug-Lokomotive mit vorderem Drehgestell.

Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg
90	2156	66	2630	42	3352
89	2175	65	2653	41	3392
88	2194	64	2677	40	3433
87	2213	63	2701	39	3475
86	2232	62	2726	38	3513
85	2251	61	2751	37	3563
84	2270	60	2776	36	3610
83	2289	59	2802	35	3659
82	2308	58	2828	34	3710
81	2327	57	2854	33	3762
80	2346	56	2881	32	3816
79	2365	55	2909	31	3871
78	2384	54	2937	30	3927
77	2404	53	2967	29	3983
76	2423	52	2997	28	4039
75	2443	51	3027	27	4096
74	2463	50	3059	26	4152
73	2483	49	3093	25	4208
72	2503	48	3126	24	4265
71	2523	47	3162	23	4321
70	2544	46	3198	22	4378
69	2565	45	3236	21	4434
68	2586	44	3274	20	4490
67	2608	43	3313	—	—

Lokomotive No. 6, vierachsige zweifach gekuppelte Verbund-Schnellzug-Lokomotive mit vorderem Drehgestell.

Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Geschwindigkeit i. d. St. in km	Zugkraft Z. in kg	Bemerkungen
100	2188	73	2702	46	3325	Die Zugkräfte von 100 km bis 91 km sind geschätzt.
99	2207	72	2723	45	3351	
98	2226	71	2744	44	3377	
97	2245	70	2765	43	3403	
96	2264	69	2787	42	3429	
95	2283	68	2809	41	3454	
94	2302	67	2831	40	3478	
93	2321	66	2853	39	3503	
92	2340	65	2875	38	3527	
91	2359	64	2897	37	3551	
90	2378	63	2919	36	3574	
89	2399	62	2941	35	3597	
88	2420	61	2963	34	3620	
87	2440	60	2986	33	3642	
86	2459	59	3009	32	3664	
85	2478	58	3032	31	3685	
84	2496	57	3055	30	3705	
83	2514	56	3078	29	3724	
82	2532	55	3101	28	3743	
81	2550	54	3125	27	3760	
80	2568	53	3149	26	3776	
79	2586	52	3173	25	3790	
78	2604	51	3198	24	3801	
77	2623	50	3223	23	3812	
76	2642	49	3248	22	3820	
75	2662	48	3273	21	3826	
74	2682	47	3299	20	3830	

Anlage 3.

Neigungsverhältnisse der Strecke Kreuzburg-Jarotschin.

Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen	Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen
Kreuzburg-	1066	1 : ∞		Schönwald-	760	1 : ∞	
Schönwald	329	1 : 200		Kreuzburg	578		1 : 225
	885	1 : ∞			306	1 : ∞	
	890	1 : 210			1536	1 : 584	
	464	1 : 6630			464		1 : 6630
	1536		1 : 584		890		1 : 210
	306	1 : ∞			885	1 : ∞	
	578	1 : 225			329		1 : 200
	760	1 : ∞			1066	1 : ∞	
	6814				6814		
Schönwald-	931	1 : ∞		Pitschen-	861	1 : ∞	
Pitschen	500	1 : 270		Schönwald	534		1 : 600
	950	1 : ∞			1200	1 : 1062	
	450	1 : 225			1036		1 : 370
	300	1 : ∞			1064		
	304		1 : 330		866		1 : 216
	396	1 : ∞			396		
	866	1 : 216			304	1 : 330	
	1064	1 : ∞			300	1 : ∞	
	1036	1 : 370			450		1 : 225
	1200		1062		950	1 : ∞	
	534	1 : 600			500		1 : 270
	861	1 : ∞			931	1 : ∞	
	9392				9392		
Pitschen-	189	1 : ∞		Kostau-	290	1 : ∞	
Kostau	3780		1 : 150	Pitschen	539	1 : 220	
	2331	1 : ∞			2331	1 : ∞	
	539		1 : 220		3780	1 : 150	
	290	1 : ∞			189	1 : ∞	
	7129				7129		
Kostau-	340	1 : ∞		Lenka-	218	1 : ∞	
Lenka	1590	1 : 150		Kostau	100		1 : 400
	658	1 : ∞			300		1 : 224
	1022		1 : 150		566	1 : ∞	
	900		1 : 464		534	1 : 300	
	800	1 : ∞			800	1 : ∞	
	534		1 : 300		900	1 : 464	
	566	1 : ∞			1022	1 : 150	
	300	1 : 224			658	1 : ∞	
	100	1 : 400			1590		1 : 150
	218	1 : ∞			340	1 : ∞	
	7028				7028		

Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen	Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen
Lenka-Kempen P	385	1 : ∞		Kempen P-Lenka	421	1 : ∞	
	1097	1 : 150			526		1 : 210
	426	1 : 300			708		1 : 192
	724	1 : ∞			970		1 : 1000
	450		1 : 250		750		1 : 160
	665	1 : ∞			510	1 : ∞	
	535		1 : 270		1162	1 : 200	
	1300	1 : ∞			1300	1 : ∞	
	1162		1 : 200		535	1 : 270	
	510	1 : ∞			665	1 : ∞	
	750	1 : 166			450	1 : 250	
	970	1 : 1000			724	1 : ∞	
	708	1 : 192			426		1 : 300
	526	1 : 210			1097		1 : 150
	421	1 : ∞			385	1 : ∞	
	10629				10629		
Kempen P-Kempen G	218	1 : ∞		Kempen G-Kempen P	493	1 : ∞	
	642		1 : 150		642	1 : 150	
	493	1 : ∞			218	1 : ∞	
	1353				1353		
Kempen G-Domanin	780	1 : ∞		Domanin-Kempen G	1335	1 : ∞	
	1502	1 : 150			1236		1 : 400
	1236	1 : 400			1502		1 : 150
	1335	1 : ∞			780	1 : ∞	
	4853				4853		
Domanin-Schildberg	829	1 : ∞		Schildberg-Domanin	209	1 : ∞	
	378		1 : 300		1645	1 : 150	
	380	1 : ∞			443	1 : ∞	
	860	1 : 200			2838		1 : 150
	500	1 : ∞			993		1 : 280
	300		1 : 210		1151		1 : 150
	459	1 : ∞			459	1 : ∞	
	1151	1 : 150			300	1 : 210	
	993	1 : 280			500	1 : ∞	
	2838	1 : 150			860		1 : 200
	443	1 : ∞			380	1 : ∞	
	1645		1 : 150		378	1 : 300	
	209	1 : ∞			829	1 : ∞	
	10985				10985		

Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen	Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen
Kreuzburg-Schönwald	1066	1 : ∞		Schönwald-Kreuzburg	760	1 : ∞	
	329	1 : 200			578		1 : 225
	885	1 : ∞			306	1 : ∞	
	890	1 : 210			1536	1 : 584	
	464	1 : 6630			464		1 : 6630
	1536		1 : 584		890		1 : 210
	306	1 : ∞			885	1 : ∞	
	578	1 : 225			329		1 : 200
	760	1 : ∞			1066	1 : ∞	
	6814				6814		
Schönwald-Pitschen	931	1 : ∞		Pitschen-Schönwald	861	1 : ∞	
	500	1 : 270			534		1 : 600
	950	1 : ∞			1200	1 : 1062	
	450	1 : 225			1036		1 : 370
	300	1 : ∞			1064		
	304		1 : 330		866		1 : 216
	396	1 : ∞			396		
	866	1 : 216			304	1 : 330	
	1064	1 : ∞			300	1 : ∞	
	1036	1 : 370			450		1 : 225
	1200		1062		950	1 : ∞	
	534	1 : 600			500		1 : 270
	861	1 : ∞			931	1 : ∞	
	9392				9392		
Pitschen-Kostau	189	1 : ∞		Kostau-Pitschen	290	1 : ∞	
	3780		1 : 150		539	1 : 220	
	2331	1 : ∞			2331	1 : ∞	
	539		1 : 220		3780	1 : 150	
	290	1 : ∞			189	1 : ∞	
	7129				7129		
Kostau-Lenka	340	1 : ∞		Lenka-Kostau	218	1 : ∞	
	1590	1 : 150			100		1 : 400
	658	1 : ∞			300		1 : 224
	1022		1 : 150		566	1 : ∞	
	900		1 : 464		534	1 : 300	
	800	1 : ∞			800	1 : ∞	
	534		1 : 300		900	1 : 464	
	566	1 : ∞			1022	1 : 150	
	300	1 : 224			658	1 : ∞	
	100	1 : 400			1590		1 : 150
	218	1 : ∞			340	1 : ∞	
	7028				7028		

Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen	Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen
Lenka-	385	1 : ∞		Kempen P-	421	1 : ∞	
Kempen P	1097	1 : 150		Lenka	526		1 : 210
	426	1 : 300			708		1 : 192
	724	1 : ∞			970		1 : 1000
	450		1 : 250		750		1 : 160
	665	1 : ∞			510	1 : ∞	
	535		1 : 270		1162	1 : 200	
	1300	1 : ∞			1300	1 : ∞	
	1162		1 : 200		535	1 : 270	
	510	1 : ∞			665	1 : ∞	
	750	1 : 166			450	1 : 250	
	970	1 : 1000			724	1 : ∞	
	708	1 : 192			426		1 : 300
	526	1 : 210			1097		1 : 150
	421	1 : ∞			385	1 : ∞	
	10629				10629		
Kempen P-	218	1 : ∞		Kempen G-	493	1 : ∞	
Kempen G	642		1 : 150	Kempen P	642	1 : 150	
	493	1 : ∞			218	1 : ∞	
	1353				1353		
Kempen G-	780	1 : ∞		Domanin-	1335	1 : ∞	
Domanin	1502	1 : 150		Kempen G	1236		1 : 400
	1236	1 : 400			1502		1 : 150
	1335	1 : ∞			780	1 : ∞	
	4853				4853		
Domanin-	829	1 : ∞		Schildberg-	209	1 : ∞	
Schildberg	378		1 : 300	Domanin	1645	1 : 150	
	380	1 : ∞			443	1 : ∞	
	860	1 : 200			2838		1 : 150
	500	1 : ∞			993		1 : 280
	300		1 : 210		1151		1 : 150
	459	1 : ∞			459	1 : ∞	
	1151	1 : 150			300	1 : 210	
	993	1 : 280			500	1 : ∞	
	2838	1 : 150			860		1 : 200
	443	1 : ∞			380	1 : ∞	
	1645		1 : 150		378	1 : 300	
	209	1 : ∞			829	1 : ∞	
	10985				10985		

Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen	Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen
Schildberg-	541	1 : ∞		Antonin-	567	1 : ∞	
Antonin	9057		1 : 150	Schildberg	716	1 : 200	
	1164		1 : 395		400	1 : 588	
	400		1 : 588		1164	1 : 395	
	716		1 : 200		9057	1 : 150	
	567	1 : ∞			541	1 : ∞	
	12445				12445		
Antonin-	1513	1 : ∞		Przygodzyce-	617	1 : ∞	
Przygodzyce	707		1 : 270	Antonin	1112	1 : 520	
	1690		1 : 458		1107	1 : 720	
	1107		1 : 720		1690	1 : 458	
	1112		1 : 200		707	1 : 270	
	617	1 : ∞			1513	1 : ∞	
	6746				6746		
Przygodzyce-	338	1 : ∞		Ostrowo-	477	1 : ∞	
Ostrowo	433		1 : 676	Przygodzyce	2786	1 : 170	
	300	1 : ∞			395	1 : ∞	
	2800	1 : 150			1419		1 : 300
	1419	1 : 300			2800		1 : 150
	395	1 : ∞			300	1 : ∞	
	2786		1 : 170		433	1 : 676	
	477	1 : ∞			338	1 : ∞	
	8948				8948		
Ostrowo-	293	1 : ∞		Biniew-	3186	1 : ∞	
Biniew	941		1 : 210	Ostrowo	1062		1 : 200
	876	1 : ∞			1079		1 : 450
	1023	1 : 320			1668		1 : 156
	1668	1 : 156			1023		1 : 320
	1079	1 : 450			876	1 : ∞	
	1062	1 : 200			941	1 : 210	
	3186	1 : ∞			293	1 : ∞	
	10128				10128		
Biniew-	1909	1 : ∞		Brunow-	487	1 : ∞	
Brunow	1456	1 : 350		Biniew	1200	1 : 300	
	1330	1 : ∞			1330	1 : ∞	
	1200		1 : 300		1456		1 : 350
	487	1 : ∞			1909	1 : ∞	
	6382				6382		

Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen	Teilstrecken	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen
Brunow-	2745	1 : ∞		Pleschen-	359	1 : ∞	
Pleschen	770		1 : 345	Brunow	1563	1 : 154	
	1728	1 : ∞			972	1 : ∞	
	1220		1 : 500		742		1 : 200
	665		1 : 250		508	1 : ∞	
	508	1 : ∞			665	1 : 250	
	742	1 : 200			1220	1 : 500	
	972	1 : ∞			1728	1 : ∞	
	1563		1 : 154		770	1 : 345	
	359	1 : ∞			2745	1 : ∞	
	11272				11272		
Pleschen-	380	1 : ∞		Kottlin-	258	1 : ∞	
Kottlin	388		1 : 200	Pleschen	610	1 : 220	
	973	1 : ∞			525	1 : ∞	
	1211		1 : 167		706		1 : 280
	1289	1 : ∞			1289	1 : ∞	
	706	1 : 280			1211	1 : 167	
	525	1 : ∞			973	1 : ∞	
	610		1 : 220		388	1 : 200	
	258	1 : ∞			380	1 : ∞	
	6340				6340		
Kottlin-	466	1 : ∞		Witaszyce-	410	1 : 12417	
Witaszyce	535	1 : 250		Kottlin	1100		1 : 150
	372	1 : ∞			570	1 : ∞	
	974		1 : 200		445		1 : 190
	552	1 : ∞			435	1 : ∞	
	702		1 : 195		702	1 : 195	
	435	1 : ∞			552	1 : ∞	
	445	1 : 190			974	1 : 200	
	570	1 : ∞			372	1 : ∞	
	1100	1 : 150			535		1 : 250
	410		1 : 12417		466	1 : ∞	
	6561				6561		
Witaszyce-	1130		1 : 12417	Jarotschin-	592	1 : ∞	
Jarotschin	510	1 : 770		Witaszyce	1134	1 : 150	
	900	1 : 530			310	1 : 450	
	700	1 : ∞			552	1 : 3070	
	748		1 : 266		748	1 : 266	
	552		1 : 3070		700	1 : ∞	
	310		1 : 450		900		1 : 530
	1134		1 : 150		510		1 : 770
	592	1 : ∞			1130	1 : 12417	
	6576				6576		

Wie aus dem Vorstehenden zu ersehen, kommen einzelne Neigungen öfter innerhalb einer und derselben Teilstrecke vor z. B. Neigung $1 : \infty$ oder die Gefälle. Da es aber, wie wir sehen werden, schliesslich auf eine einfache Addition hinausläuft, um die Fahrzeit zu ermitteln, so kann man sich zeitraubende Multiplikationen ersparen, wenn man zunächst die Längen dieser gleichen Neigungen zusammenzieht, bevor man dieselben mit den Koëfficienten multipliziert.

Bei den zuzammen zu ziehenden Längen der Gefälle ist es erforderlich, diejenigen auszuscheiden, die nach der Betriebsordnung nur mit bestimmten grössten Geschwindigkeiten befahren werden dürfen.

Unter diesen Annahmen wird die Strecke $\frac{\text{Kreuzburg-Jarotschin}}{\text{Jarotschin-Kreuzburg}}$ in Bezug auf die Neigungsverhältnisse das nachstehende Aussehen erhalten.

Teilstrecke	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen	Teilstrecke	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen
Kreuzburg-Schönwald	3017	$1 : \infty$		Schönwald-Kreuzburg	3017	$1 : \infty$	
	464	1 : 6630			2261		Gefälle
	578	1 : 225			1536	1 : 584	
	890	1 : 210			6814		
	329	1 : 200					
	1536		1 : 584				
	6814						
Schönwald-Pitschen	4502	$1 : \infty$		Pitschen-Schönwald	4502	$1 : \infty$	
	1504		Gefälle		3386		Gefälle
	1036	1 : 370			1200	1 : 1062	
	500	1 : 270			304	1 : 330	
	450	1 : 225			9392		
	866	1 : 216					
	534	1 : 600					
	9392						
Pitschen-Kostau	2810	$1 : \infty$		Kostau-Pitschen	2810	$1 : \infty$	
	539		1 : 220		539	1 : 220	
	3780		1 : 150		3780	1 : 150	
	7129				7129		
Kostau-Lenka	2582	$1 : \infty$		Lenka-Kostau	2582	$1 : \infty$	
	1434		Gefälle		400		Gefälle
	1022		1 : 150		1590		1 : 150
	100	1 : 400			900	1 : 464	
	300	1 : 224			534	1 : 300	
	1590	1 : 150			1022	1 : 150	
	7028				7028		

Teilstrecke	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen	Teilstrecke	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen
Lenka- Kempen P	4005 2147 970 1097 426 526 708 750 10629	1 : ∞ 1 : 1000 1 : 510 1 : 300 1 : 210 1 : 192 1 : 160	 Gefälle	Kempen P- Lenka	4005 3019 1458 535 450 1162 10629	1 : ∞ 1 : 270 1 : 250 1 : 200	 Gefälle Gefälle unter 1 : 200
Kempen P- Kempen G	711 642 1353	1 : ∞	 1 : 150	Kempen G- Kempen P	711 642 1353	1 : ∞ 1 : 150	
Kempen G- Domanin	2115 1236 1502 4853	1 : ∞ 1 : 400 1 : 150		Domanin- Kempen G	2115 1236 1502 4853	1 : ∞	 Gefälle 1 : 150
Domanin- Schildberg	2820 678 1645 993 860 3989 10985	1 : ∞ 1 : 280 1 : 200 1 : 150	 Gefälle 1 : 150	Schildberg- Domanin	2820 1853 3989 378 300 1645 10985	1 : ∞ 1 : 300 1 : 210 1 : 150	 Gefälle 1 : 150
Schildberg- Antonin	1108 2280 9059 12447	1 : ∞	 Gefälle 1 : 150	Antonin- Schildberg	1108 400 1164 716 9059 12447	1 : ∞ 1 : 588 1 : 395 1 : 200 1 : 150	
Antonin- Przygodcyce	2130 4616 6746	1 : ∞	 Gefälle	Przygodzyce- Antonin	2130 1107 1112 1690 707 6746	1 : ∞ 1 : 720 1 : 520 1 : 458 1 : 270	
Przygodzyce- Ostrowo Übertrag	1510 433 1943	1 : ∞	 Gefälle	Ostrowo- Przygodzyce Übertrag	1510 1419 2929	1 : ∞	 Gefälle

Teilstrecke	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen	Teilstrecke	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen
Übertrag	1943			Übertrag	2929		
Przygodzyce-	2786		1 : 170	Ostrowo-	2800		1 : 150
Ostrowo	1419	1 : 300		Przygodzyce	433	1 : 676	
	2800	1 : 150			2786	1 : 170	
	8948				8948		
Ostrowo-	4355	1 : ∞		Biniew-	4355	1 : ∞	
Biniew	941		1 : 210	Ostrowo	4832		Gefälle
	1079	1 : 450			941	1 : 210	
	1023	1 : 320			10128		
	1062	1 : 200					
	1668	1 : 156					
	10128						
Biniew-	3726	1 : ∞		Brunow-	3726	1 : ∞	
Brunow	1200		Gefälle	Biniew	1456		Gefälle
	1456	1 : 350			1200	1 : 300	
	6382				6382		
Brunow-	6312	1 : ∞		Pleschen-	6312	1 : ∞	
Pleschen	2655		Gefälle	Brunow	742		1 : 200
	1563		1 : 154		1220	1 : 500	
	742	1 : 200			770	1 : 345	
	11272				665	1 : 250	
					1563	1 : 154	
					11272		
Pleschen-	3425	1 : ∞		Kottlin-	3425	1 : ∞	
Kottlin	998		Gefälle	Pleschen	706		Gefälle
	1211		1 : 167		610	1 : 220	
	706	1 : 280			388	1 : 200	
	6340				1211	1 : 167	
					6340		
Kottlin-	2395	1 : ∞		Witaszyce-	2395	1 : ∞	
Witaszyce	1384		Gefälle	Kottlin	2080		Gefälle
	702		1 : 197		410	1 : 12417	
	535	1 : 250			702	1 : 195	
	445	1 : 190			974	1 : 200	
	1100	1 : 150			6561		
	6561						

Teilstrecke	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen	Teilstrecke	Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen
Witaszyce-Jarotschin	1292	1 : ∞		Jarotschin-Witaszyce	1292	1 : ∞	
	2740		Gefälle		1410		Gefälle
	1134		1 : 150		1130	1 : 12417	
	510	1 : 770			552	1 : 3070	
	900	1 : 530			310	1 : 450	
	6576				748	1 : 266	
					1134	1 : 150	
					6576		

Anlage 4.

Die zur Zeit gültigen Koëfficienten zur Berechnung der virtuellen Längen sind nachstehend zusammengestellt.

Neigungsverhältnisse	Koefficienten	
	Schnellzüge	Personen- u. Güterzüge
1 : 600 — 1 : 450	1,0	1,0
1 : 449 — 1 : 350	1,05	1,0
1 : 349 — 1 : 275	1,10	1,0
1 : 274 — 1 : 225	1,15	1,05
1 : 224 — 1 : 175	1,20	1,15
1 : 174 — 1 : 135	1,30	1,30
1 : 134 — 1 : 110	1,40	1,45
1 : 109 — 1 : 95	1,50	1,60
1 : 94 — 1 : 85	1,65	1,70
1 : 84 — 1 : 75	1,75	1,80
1 : 74 — 1 : 65	1,90	2,05
1 : 64 — 1 : 55	2,15	2,30

Die Berechnung der virtuellen Längen ist allgemein bekannt; es empfiehlt sich aber für die Teilstrecken nicht die Zuschläge für sich zu berechnen und diese Zuschläge den wirklichen Längen zuzuzählen, sondern mit den ungeteilten Koëfficienten zu rechnen, d. h. also z. B. nicht anstatt mit 1,15 mit 1 + 0,15, sondern wirklich mit 1,15, weil dadurch Zeit gespart wird.

Als Beispiel sollen 2 Teilstrecken für Personenzüge vorgerechnet werden.

Wirkliche Länge m	Steigen	Fallen	Koëfficienten	Virtuelle Länge m	Teilstrecke
3017	1 : ∞		1,0	3017	Kreuzburg-Schönwald
1536		1 : 584	1,0	1536	
464	1 : 6630		1,0	464	
578	1 : 225		1,05	607	
890	1 : 210		1,15	1024	
329	1 : 200		1,15	378	
6814				7026	
4502	1 : ∞		1,0	4502	Schönwald-Pitschen
1504		Gefälle	1,0	1504	
1036	1 : 370		1,0	1036	
500	1 : 270		1,05	525	
450	1 : 225		1,05	473	
866	1 : 216		1,15	996	
534	1 : 600		1,0	534	
9392				9570	

u. s. w.

Auf diese Weise werden sämtliche Teilstrecken der Anlage 3 behandelt. Die Fahrzeiten ohne Zuschläge nach gegenwärtig üblicher Methode ermittelt man wie folgt:

I. Für die Teilstrecke Kreuzburg-Schönwald.

a) für 55 km Grundgeschwindigkeit $\frac{60}{55} \cdot 7{,}026$ km $= 7{,}665^1$

„ 65 „ „ $\frac{60}{65} \cdot 7{,}026$ „ $= 6{,}485^1$

„ 75 „ „ $\frac{60}{70} \cdot 7{,}026$ „ $= 6{,}021^1$

u. s. w.

Für die Strecke Schönwald-Pitschen werden die Fahrzeiten analog gefunden.

Um die Koëfficienten $\frac{120}{v}$ nach den Annahmen des Verfahrens Frankfurt-Bebra bestimmen zu können, war es zunächst erforderlich, nach der im Referat angeführten Clarkschen Formel die Berechnung der wirklich auftretenden wirklichen Geschwindigkeiten so weit fortzuführen, bis diese Formel keine Werte mehr giebt. Auf diese Weise werden für die Geschwindigkeiten 80 bis 55 km immer in Abständen von 1 km die zugehörigen Steigungen i ermittelt. Es ergab sich hierbei, dass die Clarksche Formel nur Werte bis 68 km Geschwindigkeiten ergab, während bis 69 km kein Wert mehr ermittelt werden konnte.

Es ergab sich nämlich:

69 km	... 0	62 km	... 1 : 680
69 „	... 1 : 17543	61 „	... 1 : 584
67 „	... 1 : 3411	60 „	... 1 : 513
66 „	... 1 : 1901	59 „	... 1 : 454
65 „	... 1 : 1316	58 „	... 1 : 408
64 „	... 1 : 1046	57 „	... 1 : 374
63 „	... 1 : 811	56 „	... 1 : 339

Unter Benutzung der vorstehend ermittelten Werte und der im Referat ab 55 km Grundgeschwindigkeiten mitgeteilten, wurden die Koëfficienten $\frac{120}{v}$ für die neue Abstufung der Neigungsverhältnisse ermittelt; dieselben sind nachstehend aufgeführt.

Zusammenstellung der Koëfficienten $\frac{120}{v}$ für Personenzüge von 150 Tonnen Wagenbruttolast und für Lokomotiven mit Durchschnittsleistung von 340 H. P. (Vergl. Referat).

Neigungen in ‰	Neigungen in Bruchform $1 : x$	Wirkliche Geschwindigkeit v in der Stunde km	Koëfficienten $\frac{120}{v}$
10‰	1 : 100	34,5	$\frac{120}{34,5} = 3,48$
9‰	1 : 111,11	36,63	$\frac{120}{36,63} = 3,28$
8‰	1 : 125	39,26	$\frac{120}{39,26} = 3,06$
7‰	1 : 142,85	41,90	$\frac{120}{41,90} = 2,86$
6‰	1 : 166,66	44,94	$\frac{120}{44,94} = 2,67$
5‰	1 : 200	48,50	$\frac{120}{48,50} = 2,47$
4‰	1 : 250	52,00	$\frac{120}{52,00} = 2,31$
3‰	1 : 333,33	55,80	$\frac{120}{55,80} = 2,15$
2‰	1 : 500	59,82	$\frac{120}{59,82} = 2,01$
1‰	1 : 1000	63,98	$\frac{120}{63,98} = 1,87$
0‰	1 : ∞	68,27	$\frac{120}{68,27} = 1,76$

Die mit den Koëfficienten $\frac{120}{v}$ ermittelten Grössen stellen ebenfalls Strecken in Meter vor; durch Multiplikation von $\frac{60}{120}$ ergeben sich aber die Fahrzeiten ohne Zuschläge in Minuten, was ungemein bequem ist.

Die Berechnung selbst bietet nicht die geringsten Schwierigkeiten; dieselbe ist wieder für 2 Teilstrecken als Beispiel hier nachstehend aufgeführt. (S. Tab. S. 65.)

1 Wirkliche Länge m	2 Steigen	3 Fallen	4 55 km Grundgeschwindigkeit Koëfficienten $\frac{120}{v}$	5 55 km Grundgeschwindigkeit Länge + Zuschlag (Col. 1. Col. 4)	6 65 km Grundgeschwindigkeit Koëfficienten $\frac{120}{v}$	7 65 km Grundgeschwindigkeit Länge + Zuschlag (Col. 1. Col. 8)	8 70 km Grundgeschwindigkeit Koëfficienten $\frac{120}{v}$	9 70 km Grundgeschwindigkeit Länge + Zuschlag (Col. 1. Col. 8)	Teilstrecke
3017	1 : ∞		2,182	6583	1,846	5569	1,714	5171	Kreuzburg-Schönwald
1536		1 : 584	2,182	3354	1,846	2835	1,714	2633	
464	1 : 6630		2,182	1012	1,87	867	1,87	867	
578	1 : 225		2,47	1428	2,47	1428	2,47	1428	
890	1 : 210		2,47	2198	2,47	2198	2,47	2198	
329	1 : 200		2,47	813	2,47	813	2,47	813	
6814				15388		13720		13110	
				$15388 \cdot \frac{1}{2} = 7,694^1$		$13720 \cdot \frac{1}{2} = 6,860^1$		$13110 \cdot \frac{1}{2} = 6,556^1$	
4502	1 : ∞		2,182	9823	1,846	8311	1,714	7716	Schönwald-Pitschen
1504		Gefälle	2,182	3282	1,846	2776	1,714	2578	
1036	1 : 370		2,182	2261	2,15	2227	2,15	2227	
500	1 : 270		2,31	1155	2,31	1115	2,31	1155	
450	1 : 225		2,47	1112	2,47	1112	2,47	1112	
866	1 : 216		2,47	2139	2,47	2139	2,47	2139	
534	1 : 600		2,182	1165	2,01	1073	2,01	1073	
9392				20936		18973		18000	
				$20936 \cdot \frac{1}{2} = 10,468^1$		$18973 \cdot \frac{1}{2} = 9,397^1$		$\frac{18000}{2} = 9,000^1$	

Durch Gegenüberstellung der Resultate erhält man die Fehler, die bei der jetzt üblichen Methode gemacht werden; die Resultate für 55 km geben den Beweis für die Richtigkeit der neuen Methode gegenüber der alten.

Grund-geschwindigkeit in km	Fahrzeiten in Minuten		Differenz in Minuten	Teilstrecken
	nach alter Methode	nach neuer Methode		
55	7,665	7,694	+ 0,029	Kreuzburg-Schönwald
65	6,485	6,860	+ 0,375	
70	6,021	6,556	+ 0,535	
55	10,440	10,468	+ 0,028	Schönwald-Pitschen
65	8,834	9,397	+ 0,563	
70	8,203	9,000	+ 0,797	

Gegenwärtig benutzt man die Formel

$$Z = \left[2{,}4 + \frac{v^2}{1000} + \frac{1000}{i}\right] P$$

um die Beziehungen der Zugkraft Z zur Steigung i bei der wirklichen Geschwindigkeit v und der Last P darzustellen.

Die Zugkraft Z wird direkt aus Versuchen ermittelt; die Steigung i ist aus dem Längennivellement gegeben; die Last P = Dienstgewicht der gewählten Lokomotive, vermehrt um die gewählte Wagenbruttolast ist eine bekannte Grösse. Man hat deshalb in der Formel nur eine Unbekannte, nämlich v die wirkliche Geschwindigkeit. Und dennoch kann man nicht so wie vorstehend angedeutet, operieren, weil Z, die Zugkraft, an die Geschwindigkeit v gebunden ist, d. h. zu jedem v gehört ein bestimmtes Z; also hat man in vorstehender Formel eigentlich zwei Unbekannte und man muss daher anders vorgehen. Am einfachsten kommt man zum Ziel, wenn man v, die wirkliche Geschwindigkeit als gegeben ansieht, dann hat man auch das zugehörige Z, die Zugkraft.

Als Unbekannte führt man die Steigung i ein und hat alsdann für i die nachstehende Gleichung

$$i = Z - P \,.\, \frac{1000 \,.\, P}{\left(2{,}4 + \frac{v^2}{1000}\right)}$$

Die v, die wirklichen Geschwindigkeiten, wählt man als ganze Zahlen und in Abständen von 1 km; die zu den v gehörigen Z entnimmt man aus Anlage 2.

Gewählte wirkliche Geschwindigkeit v in km	Gefundenes Neigungs-verhältnis i	
38	1 : 88,54	
39	1 : 89,98	$39{,}61 = v;\ i = 11\,^0/_{00} = 1 : 90{,}91.$
40	1 : 91,51	
41	1 : 92,93	
42	1 : 94,76	
43	1 : 96,56	
44	1 : 98,45	$44{,}78 = v;\ i = 10\,^0/_{00} = 1 : 100.$
45	1 : 100,43	
46	1 : 102,51	
47	1 : 104,71	
48	1 : 107,02	
49	1 : 109,42	$49{,}67 = v;\ i = 9\,^0/_{00} = 1 : 111{,}11.$
50	1 : 111,94	
51	1 : 114,62	
52	1 : 117,45	
53	1 : 120,41	
54	1 : 123,51	$54{,}45 = v;\ i = 8\,^0/_{00} = 1 : 125.$
55	1 : 126,83	
56	1 : 130,30	
57	1 : 134,00	
58	1 : 137,95	
59	1 : 142,18	$59{,}15 = v;\ i = 7\,^0/_{00} = 142{,}85.$
60	1 : 146,72	
61	1 : 151,61	
62	1 : 156,78	
63	1 : 162,37	$63{,}73 = v;\ i = 6\,^0/_{00} = 1 : 166{,}66.$
64	1 : 168,22	
65	1 : 175,00	
66	1 : 182,18	
67	1 : 190,06	
68	1 : 198,73	$68{,}13 = v;\ i = 5\,^0/_{00} = 1 : 200.$
69	1 : 208,31	
70	1 : 218,96	
71	1 : 230,64	
72	1 : 243,74	$72{,}42 = v;\ i = 4\,^0/_{00} = 1 : 250.$
73	1 : 258,57	
74	1 : 275,12	
75	1 : 294,11	
76	1 : 316,14	$76{,}68 = v;\ i = 3\,^0/_{00} = 1 : 333{,}33.$
77	1 : 341,49	
78	1 : 371,49	
79	1 : 406,91	
80	1 : 450,15	$80{,}92 = v;\ i = 2\,^0/_{00} = 1 : 500.$

Gewählte wirkliche Geschwindigkeit v in km	Gefundenes Neigungsverhältnis i	
81	1 : 504,22	
82	1 : 573,75	
83	1 : 666,28	
84	1 : 795,76	
85	1 : 989,80	$85{,}08 = v$; $i = 1\,^0/_{00} = 1 : 1000$.
86	1 : 1128,32	
87	1 : 1988,15	
88	1 : 4131,20	
88,5	1 : ∞	$88{,}5 = v$; $i = 0\,^0/_{00} = 1 : \infty$.

Für die Lokomotive No. 6 der Anlage erhält man bei Annahme einer Wagenbruttolast von 150 Tonnen und dem Dienstgewicht 83 Tonnen $P = 233$ Tonnen und die Tabelle auf S. 67 u. 68.

Durch Interpolation erhält man dann endlich für die Millimeterskala die folgende Tabelle:

Steigungen in $^0/_{00}$	Steigungen $1 : x$	Wirkliche Geschwindigkeit in km v	Koëfficient $\frac{120}{v}$
12	1 : 83,33	—	—
11	1 : 90,91	39,61	3,03
10	1 : 100	44,78	2,68
9	1 : 111,11	49,67	2,41
8	1 : 125	54,45	2,20
7	1 : 142,85	59,15	2,03
6	1 : 166,66	63,73	1,88
5	1 : 200	68,13	1,76
4	1 : 250	72,42	1,65
3	1 : 333,33	76,68	1,56
2	1 : 500	80,92	1,48
1	1 : 1000	85,08	1,41
0	1 : ∞	88,50	1,36



